MICHIO KAKU

PHYSICS OF THE FUTURE

VẬT LÝ CỦA TƯƠNG LAI

Hà Thị Mai Hoa *dịch*

Khoa học sẽ định hình số phận và cuộc sống của con người như thế nào cho đến năm 2100

alphabooks
ets Education Technology Science
NHÀ XUẤT BẢN THẾ GIỚI

Lời khen tặng dành cho Michio Kaku

và

VẬT LÝ CỦA TƯƠNG LAI

"Thách thức trí não... Cuốn sách này vừa lôi cuốn lại vừa khiến người ta sợ hãi."

—*San Francisco Chronicle*

"Kaku có khả năng siêu phàm trong việc biến các lý thuyết khoa học phức tạp thành những câu chuyện gần gũi về cuộc sống trong tương lai của nhân loại chúng ta... Lôi cuốn, hấp dẫn và phần nào ma mị."

—*USA Today*

"Kaku là người phổ biến khoa học không ngừng nghỉ... Ông đã khơi nguồn cho vật lý của tương lai."

—*Los Angeles Times*

"Kaku có tài biến những ý tưởng rối rắm thành trò thư giãn."

—*The Charlotte Observer*

"Đầy uyên bác và vô cùng hấp dẫn."

—*Chicago Tribune*

MICHIO KAKU

PHYSICS OF THE FUTURE

VẬT LÝ CỦA TƯƠNG LAI

KHOA HỌC SẼ ĐỊNH HÌNH SỐ PHẬN VÀ CUỘC SỐNG CỦA CON NGƯỜI NHƯ THẾ NÀO CHO ĐẾN NĂM 2100

Hà Thị Mai Hoa *dịch*

NHÀ XUẤT BẢN THẾ GIỚI

alphabooks® knowledge is power

ets Education Technology Science

Đế chế của tương lai sẽ là đế chế của tâm trí

—WINSTON CHURCHILL

LỜI GIỚI THIỆU *Dự đoán trong vòng 100 năm tới*

Khi còn là một đứa trẻ, có hai trải nghiệm đã góp phần định hình con người tôi và khởi nguồn hai đam mê làm nên toàn bộ cuộc đời tôi.

Đầu tiên, khi lên tám, tôi nhớ tất cả các giáo viên đều bàn tán về tin một nhà khoa học vĩ đại vừa mới qua đời. Đêm đó, các tờ báo in một bức ảnh văn phòng của ông, cùng một bản thảo dở dang trên bàn làm việc. Chú thích bức ảnh ghi rằng nhà khoa học vĩ đại nhất của thời đại đã không thể hoàn thành kiệt tác vĩ đại nhất đời mình. Tôi tự hỏi điều gì có thể khó đến mức một nhà khoa học vĩ đại như vậy cũng không thể hoàn thành? Điều gì có thể phức tạp và quan trọng như vậy? Với tôi, điều này trở nên hấp dẫn hơn bất kỳ bí ẩn giết người nào, hơn bất kỳ câu chuyện phiêu lưu nào. Tôi cần phải biết có những gì trong bản thảo dang dở đó.

Rồi tôi biết được tên nhà khoa học ấy là Albert Einstein và bản thảo dang dở đó chính là thành tựu đỉnh cao của ông, một nỗ lực nhằm tạo ra "thuyết vạn vật", một phương trình dài chưa đến 2,5 cm nhưng có thể giải mã những bí mật của vũ trụ và cho phép "đọc tâm trí của Chúa".

Nhưng một trải nghiệm quan trọng hơn từ thời thơ ấu là khi tôi xem các chương trình truyền hình buổi sáng thứ bảy, đặc biệt là loạt phim *Flash Gordon* với sự tham gia của Buster Crabbe. Tuần nào tôi cũng dán mắt vào màn hình ti vi. Tôi đã được vận chuyển diệu kỳ đến thế giới bí ẩn của những người ngoài hành tinh, phi thuyền, các trận

đánh sử dụng súng tia, thành phố dưới nước và quái vật. Tôi thực sự bị cuốn hút. Đó cũng là lần đầu tiên tôi tiếp xúc với thế giới của tương lai. Kể từ đó, tôi luôn cảm thấy có một sự tò mò trẻ thơ mỗi khi suy ngẫm về tương lai.

Sau khi xem trọn bộ, tôi nhận ra rằng dù Flash có mọi tiếng tăm nhưng chính Tiến sĩ Zarkov mới thực sự làm nên thành công cho loạt phim. Ông đã phát minh ra tàu tên lửa, lá chắn tàng hình, nguồn năng lượng cho thành phố trên bầu trời... Nếu không có nhà khoa học thì cũng không có tương lai. Người có vẻ ngoài hấp dẫn dễ được đám đông ngưỡng mộ, nhưng mọi phát minh kỳ diệu của tương lai đều là sản phẩm của những nhà khoa học ẩn danh, không được ca ngợi.

Sau đó, khi vào trung học, tôi quyết định đi theo dấu chân của những nhà khoa học vĩ đại này và thử nghiệm một số điều được học. Tôi muốn trở thành một phần của cuộc cách mạng vĩ đại mà tôi biết sẽ thay đổi thế giới. Tôi quyết định xây dựng máy gia tốc hạt. Tôi xin phép mẹ xây dựng một máy gia tốc hạt công suất 2,3 triệu electron volt ngay trong gara. Mẹ tôi hơi giật mình nhưng cũng đồng ý. Sau đó, tôi đến Westinghouse và Varian Associates, mua 180 kg thép biến áp, 35 km dây đồng và lắp ráp một máy gia tốc betatron trong gara gia đình.

Trước đó, tôi từng xây dựng một buồng mây với từ trường mạnh và chụp các đường phản vật chất. Nhưng chụp ảnh phản vật chất thôi chưa đủ. Mục tiêu của tôi bấy giờ là tạo ra một chùm phản vật chất. Cuộn dây từ trường của máy gia tốc hạt tạo ra một từ trường khổng lồ 10.000 gauss (khoảng 20.000 lần từ trường Trái đất, mà về nguyên tắc là đủ để hút một cái búa ra khỏi bàn tay bạn). Chiếc máy này cần sáu kilowatt điện, tiêu thụ hết sạch toàn bộ điện trong nhà tôi. Khi bật máy, tôi thường làm nổ hết cầu chì trong nhà. (Mẹ tôi chắc đã phải tự hỏi tại sao bà không thể có một đứa con trai thích chơi bóng đá thay vì nghịch máy gia tốc.)

Như vậy, có hai đam mê đã theo tôi trong suốt cuộc đời: khát khao hiểu mọi định luật vật lý của vũ trụ chỉ với một lý thuyết nhất

quán và nhìn thấy tương lai. Cuối cùng, tôi nhận ra rằng hai đam mê này bổ trợ cho nhau. Chìa khóa để hiểu tương lai là nắm bắt các định luật cơ bản của tự nhiên rồi áp dụng vào những phát minh, máy móc và phương pháp điều trị nhằm định nghĩa lại nền văn minh tương lai nhân loại.

Tôi nhận ra đã có rất nhiều nỗ lực dự đoán tương lai, nhiều dự đoán hữu ích và sâu sắc. Tuy nhiên, chúng chủ yếu được viết bởi các sử gia, nhà xã hội học, nhà văn khoa học viễn tưởng và "các nhà tương lai học", đó là những người ngoài cuộc. Họ dự đoán thế giới khoa học nhưng lại không có kiến thức trực tiếp về khoa học. Các nhà khoa học, những người trong cuộc thực sự tạo ra tương lai trong phòng thí nghiệm, lại quá bận rộn với những đột phá và không có thời gian viết sách về tương lai cho công chúng.

Đó là lý do tại sao cuốn sách này khác biệt. Tôi hy vọng nó sẽ đưa ra quan điểm của người trong cuộc về những khám phá kỳ diệu đang chờ đợi chúng ta và cung cấp cái nhìn chân thực, xác tín về thế giới năm 2100.

Hẳn nhiên, không thể dự đoán chính xác hoàn toàn. Cùng lắm, chúng ta chỉ có thể hiểu được tâm trí của các nhà khoa học đang thực hiện các nghiên cứu tiên tiến, những người đang làm công việc phát minh ra tương lai. Họ đang tạo ra các thiết bị, phát minh và các liệu pháp sẽ cách mạng hóa nền văn minh. Và cuốn sách này là câu chuyện của họ. Tôi đã có cơ hội ngồi ở hàng ghế đầu trong cuộc cách mạng vĩ đại này, đã phỏng vấn hơn 300 nhà khoa học, nhà tư tưởng hàng đầu thế giới cho các kênh truyền hình và đài phát thanh quốc gia. Tôi cũng đã đưa tổ quay phim vào phòng thí nghiệm để ghi hình nguyên mẫu các thiết bị quan trọng có thể thay đổi tương lai. Thật vinh dự khi được tổ chức nhiều chương trình đặc biệt về khoa học cho BBC-TV, Discovery và Science, thu thập phát minh và khám phá nổi bật của những người có tầm kiến tạo tương lai. Được tự do theo đuổi công trình nghiên cứu về lý thuyết dây và thầm lặng dõi theo các nghiên cứu

tiên tiến sẽ cách mạng hóa thế kỷ này, tôi thấy mình đang làm một trong những công việc hấp dẫn nhất giới khoa học. Giấc mơ thời thơ ấu của tôi đã trở thành sự thật.

Tuy vậy, cuốn sách này khác với những cuốn trước đây của tôi. Trong *Beyond Einstein, Hyperspace* (Vượt qua lý thuyết Einstein, không gian đa chiều) và *Parallel World* (Thế giới song song), tôi đã thảo luận về những luồng gió mới mang tính cách mạng trong lĩnh vực vật lý lý thuyết, góp phần mở ra những cách thức mới để hiểu vũ trụ. Trong cuốn *Physics of the Impossible* (Vật lý của những điều tưởng chừng bất khả), tôi đã thảo luận cách những khám phá mới nhất trong vật lý rốt cuộc có thể biến những đề án khoa học viễn tưởng ảo tưởng nhất thành hiện thực.

Cuốn sách này khá giống với cuốn *Visions (*Tầm nhìn) của tôi, trong đó có thảo luận vấn đề khoa học sẽ phát triển như thế nào trong những thập kỷ tới. Tôi rất vui mừng vì nhiều dự đoán trong cuốn sách đó đang được hiện thực hóa đúng tiến độ. Độ chính xác của các dự đoán trong sách phụ thuộc chủ yếu vào sự thông thái và tầm nhìn xa của nhiều nhà khoa học mà tôi có cơ hội phỏng vấn.

Nhưng cuốn sách này có một cái nhìn mở rộng hơn về tương lai, thảo luận về các công nghệ hoàn thiện quyết định số phận của nhân loại trong 100 năm tới. Cách chúng ta nhìn nhận những thách thức và cơ hội trong 100 năm tới sẽ quyết định quỹ đạo phát triển cơ bản của loài người.

DỰ ĐOÁN VỀ THẾ KỶ TỚI

Dự đoán về vài năm tới đã khó khăn, huống hồ là cả một thế kỷ. Tuy nhiên, điều này thôi thúc chúng ta mơ ước về những công nghệ một ngày nào đó sẽ thay đổi số phận nhân loại.

Năm 1863, tiểu thuyết gia vĩ đại Jules Verne đã thực hiện một dự án có lẽ là tham vọng nhất của ông. Ông viết một cuốn tiểu thuyết

tiên tri, *Paris in the Twentieth Century* (Paris trong thế kỷ 20), và dùng tài năng phi thường của mình để dự báo về thế kỷ sắp tới. Thật không may, bản thảo đã bị thất lạc, cho đến khi người cháu trai vô tình phát hiện ra nó nằm trong két sắt, được khóa cẩn thận trong gần 130 năm. Nhận ra kho báu ấy, cháu trai của ông đã sắp xếp để cuốn sách được xuất bản vào năm 1994 và nó đã đứng vào hàng sách bán chạy nhất.

Trở lại năm 1863, các ông hoàng vẫn cai trị đế chế cũ, nông dân nghèo phải nai lưng làm lụng trên đồng. Nước Mỹ đã trải qua một cuộc nội chiến tàn khốc gần như xé tan đất nước và động cơ hơi nước mới chỉ bắt đầu công cuộc cách mạng hóa thế giới. Nhưng Verne đã dự đoán Paris vào năm 1960 sẽ có những tòa nhà chọc trời bằng kính, điều hòa, ti vi, thang máy, tàu cao tốc, ô tô chạy xăng, máy fax, thậm chí một thứ gì đó tương tự như Internet. Verne mô tả cuộc sống Paris hiện đại chính xác đến kỳ lạ.

Đó chẳng phải ăn may, bởi chỉ vài năm sau ông đã đưa ra một dự đoán ngoạn mục khác. Năm 1865, ông viết cuốn *From the Earth to the Moon* (Từ Trái đất đến Mặt trăng), và dự đoán chi tiết nhiệm vụ đưa phi hành gia lên Mặt trăng hơn 100 năm sau vào năm 1969. Ông đã dự đoán kích thước tàu không gian với sai số chỉ vài phần trăm, vị trí của khu vực phóng ở Florida không xa Mũi Canaveral, số lượng phi hành gia, khoảng thời gian chuyến đi, trạng thái không trọng lượng mà các phi hành gia sẽ trải qua và việc tàu không gian hạ cánh trở lại Trái đất trên đại dương. (Ông chỉ đoán sai việc sử dụng thuốc súng, thay vì nhiên liệu tên lửa, để đưa phi hành gia lên Mặt trăng. Nhưng cũng phải đến 70 năm sau, tên lửa sử dụng nhiên liệu lỏng mới được phát minh.)

Làm cách nào Jules Verne dự đoán được tương lai 100 năm sau với độ chính xác ngoạn mục như vậy? Các nhà viết tiểu sử về ông cho rằng, mặc dù Verne không phải là nhà khoa học nhưng ông liên tục tìm kiếm và đặt câu hỏi cho các nhà khoa học về tầm nhìn tương lai của họ. Ông tích lũy một kho tàng rộng lớn những khám phá khoa học vĩ đại

ở thời đại đó. Verne nhận ra rằng chính khoa học chứ không phải điều gì khác là động cơ làm rung chuyển nền tảng văn minh, tiến đến một thế kỷ mới với những phép lạ và điều kỳ diệu bất ngờ. Chìa khóa cho tầm nhìn và những hiểu biết sâu sắc của Verne là nắm bắt sức mạnh của khoa học để cách mạng hóa xã hội.

Một nhà tiên tri công nghệ vĩ đại khác là Leonardo da Vinci, họa sĩ, nhà tư tưởng và là người có tầm nhìn xa trông rộng. Vào cuối những năm 1400, ông đã vẽ chính xác sơ đồ các cỗ máy tuyệt đẹp mà một ngày sẽ giăng kín bầu trời: các bản phác thảo dù, máy bay trực thăng, tàu lượn, thậm chí cả máy bay. Đáng chú ý, nhiều phát minh của ông đã thành hiện thực. (Tuy nhiên, máy bay trong phác thảo của ông cần thêm một thành phần nữa: ít nhất là động cơ một mã lực, thứ chưa xuất hiện trong vòng 400 năm sau.)

Điều đáng ngạc nhiên là Leonardo đã phác thảo bản thiết kế máy tính cơ học, đi trước thời đại 150 năm. Năm 1967, một bản thảo thất lạc đã được phân tích lại, tiết lộ ý tưởng của ông về máy tính cơ học với 13 bánh xe số. Khi quay một vòng, các bánh răng bên trong quay theo trình tự thực hiện các phép tính số học. (Chiếc máy này được chế tạo vào năm 1968 và hoạt động tốt.)

Ngoài ra, vào những năm 1950, một bản phác thảo khác đã được phát hiện trong đó có bản phác thảo một người máy chiến binh, mặc áo giáp Đức-Ý, có thể ngồi dậy và di chuyển cánh tay, cổ và hàm. Nó cũng được xây dựng sau đó và hoạt động tốt.

Giống như Jules Verne, Leonardo hiểu sâu sắc về tương lai nhờ tham vấn một số người có tầm nhìn cấp tiến ở thời đại của ông. Ông chính là một trong số ít người đi đầu đổi mới. Ngoài ra, Leonardo luôn thử nghiệm, xây dựng và phác thảo các mô hình, phẩm chất quan trọng của bất kỳ ai muốn biến ý tưởng thành hiện thực.

Với những hiểu biết sâu sắc mang tính tiên tri của Verne và Leonardo da Vinci, chúng ta đặt ra câu hỏi: Liệu có thể dự đoán thế giới năm 2100? Cũng như Verne và Leonardo, cuốn sách này sẽ thảo

luận chi tiết công việc của các nhà khoa học hàng đầu, những người đang xây dựng nguyên mẫu các công nghệ thay đổi tương lai. Đây không phải là một tác phẩm hư cấu, một sản phẩm của trí tưởng tượng điên rồ trong đầu các nhà biên kịch Hollywood, nó được viết dựa trên nền tảng khoa học vững chắc đang diễn ra tại các phòng thí nghiệm lớn trên thế giới hiện nay.

Mẫu vật đầu tiên của tất cả các công nghệ thay đổi tương lai đều đã tồn tại. William Gibson, tác giả cuốn *Neuromancer*, người đã đưa ra khái niệm *cyberspace* (không gian mạng), từng nói: "Tương lai đã ở đây rồi. Nó chỉ phân bố không đều."

Dự đoán thế giới năm 2100 là một nhiệm vụ gian nan, vì chúng ta đang ở trong thời đại biến động khoa học sâu sắc, với tốc độ các khám phá không ngừng tăng tiến. Tri thức khoa học tích lũy trong vài thập kỷ qua nhiều hơn trong cả lịch sử nhân loại. Và đến năm 2100, lượng tri thức này sẽ tăng gấp bội.

Nhưng có lẽ cách tốt nhất để hiểu thấu tầm vóc của việc dự đoán tương lai 100 năm tới là nhìn lại thế giới năm 1900 và cuộc sống mà ông bà ta từng sống.

Nhà báo Mark Sullivan yêu cầu chúng tôi tưởng tượng một người đang đọc báo vào năm 1900:

> Trong tờ báo ngày 1 tháng 1 năm 1900, người Mỹ không tìm thấy từ "radio", vật chỉ xuất hiện 20 năm sau; không có từ "bộ phim", vì đó cũng là sản phẩm của tương lai; không có từ "tài xế", vì ô tô chỉ mới bắt đầu nổi lên và được gọi là "xe không cần ngựa kéo..." Không có từ "phi công".... Nông dân thì chưa biết gì về máy kéo, cũng chưa có Ngân hàng Dự trữ Liên bang Hoa Kỳ. Các thương gia chưa nghe nói về chuỗi cửa hàng bán lẻ hay "tự phục vụ"; thủy thủ không biết đến động cơ đốt dầu... Ta vẫn nhìn thấy đàn bò trên những đường quê... Ngựa hoặc la thồ vẫn rất phổ

biến.... Hình ảnh bác thợ rèn ngồi bên dưới bóng cây hạt dẻ hãy còn rất thân quen.

Để hiểu được khó khăn của việc dự đoán tương lai 100 năm tới, chúng ta phải nhận thức được khó khăn của những người sống vào năm 1900 khi dự đoán thế giới năm 2000. Năm 1893, trong Hội chợ Triển lãm Thế giới Columbia tại Chicago, 70 người nổi tiếng đã được hỏi về dự đoán cuộc sống trong 100 năm tới. Tuy nhiên họ luôn đánh giá thấp tốc độ tiến bộ của khoa học. Ví dụ, nhiều người dự đoán chính xác một ngày nào đó chúng ta sẽ có chuyến bay thương mại xuyên Đại Tây Dương, nhưng họ nghĩ rằng đó là các khinh khí cầu. Thượng nghị sĩ John J. Ingalls nói: "Dân thành thị sẽ quen gọi khinh khí cầu như gọi xe ngựa thồ hay đôi bốt dưới chân." Họ cũng liên tục bỏ lỡ sự xuất hiện của ô tô. Bộ trưởng Bộ Bưu điện Hoa Kỳ John Wanamaker cho rằng ở Mỹ, xe ngựa và ngựa sẽ giao thư, thậm chí 100 năm sau trong tương lai vẫn thế.

Việc đánh giá thấp khoa học và đổi mới này thậm chí còn lan rộng đến văn phòng sáng chế. Năm 1899, Charles H. Duell, ủy viên Văn phòng Bằng sáng chế Mỹ cho biết: "Mọi thứ có thể phát minh đều đã được phát minh hết rồi."

Đôi khi ngay cả các chuyên gia cũng đánh giá thấp những gì đang xảy ra trước mắt. Năm 1927, Harry M. Warner, người đồng sáng lập Warner Brothers, nhận xét rằng ở thời đại phim câm, "ai muốn nghe diễn viên nói chuyện làm gì?" Và Thomas Watson, chủ tịch IBM, phát biểu vào năm 1943: "Tôi nghĩ thị trường thế giới chỉ cần khoảng năm chiếc máy tính."

Việc đánh giá thấp sức mạnh của khám phá khoa học thậm chí còn lan đến tờ *New York Times* đáng kính. (Năm 1903, tờ *Times* tuyên bố máy bay là sự lãng phí thời gian, chỉ một tuần trước khi anh em nhà Wright bay thành công tại Kitty Hawk, Bắc Carolina. Năm 1920, tờ *Times* chỉ trích nhà khoa học tên lửa Robert Goddard, cho rằng công

việc của ông là vô bổ vì tên lửa không thể di chuyển trong chân không. Bốn mươi chín năm sau, khi các phi hành gia Apollo 11 đáp xuống Mặt trăng, tờ *Times* mới rút lại: "Bây giờ một tên lửa chắc chắn có thể hoạt động trong chân không. Thời báo *Times* cải chính.")

Bài học ở đây là rất nguy hiểm khi đặt cược vào tương lai.

Dự đoán tương lai, với vài ngoại lệ, luôn luôn đánh giá thấp tốc độ tiến bộ của công nghệ. Lịch sử mà chúng ta thường nghe do những người lạc quan chứ không phải người bi quan ghi dấu. Như Tổng thống Dwight Eisenhower đã từng phát biểu: "những người bi quan không bao giờ thắng trận."

Chúng ta có thể thấy các nhà văn khoa học viễn tưởng đánh giá thấp tốc độ khám phá khoa học như thế nào. Khi xem lại loạt phim *Star Trek* (Du hành giữa các vì sao) những năm 1960, ta có thể nhận ra phần lớn "công nghệ thế kỷ 23" đều đã xuất hiện ngày nay. Khán giả lúc bấy giờ sững sờ khi thấy điện thoại di động, máy tính xách tay, máy móc có thể nói chuyện và máy chữ có thể chép chính tả. Tất cả các công nghệ này ngày nay đều đã xuất hiện. Chẳng bao lâu nữa, chúng ta cũng sẽ có các máy dịch phổ quát, có thể dịch nhanh chóng và cũng sẽ có "thiết bị khám sức khỏe cầm tay tricorders" cho phép chẩn đoán bệnh từ xa. (Phần lớn khoa học thế kỷ 23 đều đã xuất hiện trừ động cơ và phương tiện vận chuyển nhanh hơn ánh sáng.)

Từ những sai lầm trước đây trong việc đánh giá thấp tương lai, làm thế nào để cung cấp một nền tảng khoa học vững chắc hơn cho dự đoán của chúng ta?

HIỂU CÁC ĐỊNH LUẬT CỦA TỰ NHIÊN

Ngày nay, chúng ta không còn sống trong thời đại đen tối của khoa học, khi sấm sét và bệnh dịch được cho là sản phẩm của thần linh. Chúng ta có một lợi thế lớn mà Verne và Leonardo da Vinci không có: nắm vững các định luật tự nhiên.

Dự đoán sẽ luôn luôn có thiếu sót, nhưng có một cách khiến chúng trở nên đáng tin cậy nhất là nắm bắt bốn lực cơ bản trong tự nhiên điều khiển toàn bộ vũ trụ. Các lực này đã thay đổi lịch sử loài người khi ta hiểu và mô tả được chúng.

Đầu tiên là lực hấp dẫn. Isaac Newton đã cho chúng ta một cơ chế để giải thích rằng các đồ vật dịch chuyển nhờ tương tác lực, thay vì do các linh hồn thần bí và siêu hình. Điều này đã mở đường cho cuộc cách mạng công nghiệp và năng lượng hơi nước, đặc biệt là đầu máy xe lửa.

Lực thứ hai là lực điện từ, thắp sáng các thành phố và cung cấp năng lượng cho các thiết bị. Sau khi Thomas Edison, Michael Faraday, James Clerk Maxwell và những nhà khoa học khác giải thích thành công điện và từ tính, cuộc cách mạng điện tử với một loạt các kỳ quan khoa học đã được tạo ra. Chúng ta thấy điều này rõ nhất mỗi khi mất điện, khi xã hội đột nhiên như quay trở lại 100 năm trước.

Lực thứ ba và thứ tư được hiểu là hai lực hạt nhân: lực hạt nhân yếu và lực hạt nhân mạnh. Khi Einstein đưa ra công thức $E = mc^2$ và khi nguyên tử được tách ra vào những năm 1930, các nhà khoa học lần đầu tiên hiểu được các lực làm sáng bầu trời. Điều này giải đáp bí mật các ngôi sao. Và không chỉ sức mạnh khủng khiếp của vũ khí nguyên tử được giải phóng mà còn hứa hẹn một ngày nào đó chúng ta có thể khai thác sức mạnh này trên Trái đất.

Ngày nay, chúng ta đã hiểu biết khá rõ về bốn lực này. Đầu tiên là lực hấp dẫn, hiện nay được mô tả qua thuyết tương đối rộng của Einstein. Và lý thuyết lượng tử mô tả ba lực còn lại, cho phép giải mã bí mật của thế giới hạ nguyên tử.

Lý thuyết lượng tử đã mang đến cho chúng ta bóng bán dẫn, laser và cuộc cách mạng kỹ thuật số là động lực đằng sau sự phát triển của xã hội hiện đại. Tương tự như vậy, các nhà khoa học đã sử dụng lý thuyết lượng tử để mở khóa bí mật phân tử ADN. Tốc độ chớp nhoáng của cuộc cách mạng công nghệ sinh học là kết quả trực tiếp từ công nghệ

máy tính, do phương pháp giải trình tự ADN được thực hiện hoàn toàn bởi máy móc, robot và máy tính.

Hệ quả là, chúng ta có thể thấy rõ hơn hướng phát triển của khoa học và công nghệ trong thế kỷ tới. Sẽ luôn có chuyện ngoài mong đợi, có bất ngờ khôn tả, nhưng nền tảng của vật lý, hóa học, sinh học hiện đại về cơ bản đã được xây dựng và chúng ta không mong đợi bất kỳ sự sửa đổi lớn nào trên những kiến thức cơ bản này, ít nhất là trong tương lai gần. Do vậy, những dự đoán trong cuốn sách này không phải suy đoán viển vông mà là ước tính hợp lý thời điểm các công nghệ mẫu hiện tại trở nên hoàn thiện.

Tóm lại, có nhiều lý do để tin rằng chúng ta có thể xem các phác thảo của thế giới năm 2100:

1. Cuốn sách này dựa trên các cuộc phỏng vấn hơn 300 nhà khoa học hàng đầu, những người đi đầu trong các khám phá.
2. Mọi phát triển khoa học được đề cập trong cuốn sách này đều phù hợp với các định luật vật lý.
3. Bốn lực tương tác và các định luật cơ bản của tự nhiên đều rất phổ biến; chúng ta không mong đợi bất kỳ sự thay đổi lớn nào của các định luật này.
4. Nguyên mẫu của tất cả các công nghệ được đề cập trong cuốn sách này đều đã tồn tại.
5. Cuốn sách này được viết bởi một "người trong cuộc", người đã nhìn tận mắt những công nghệ nghiên cứu tối tân.

Trong một thời gian dài, chúng ta chỉ là những người quan sát thụ động các vũ điệu tự nhiên. Chúng ta thảng thốt nhìn và sợ hãi sao chổi, chớp, núi lửa phun trào, bệnh dịch và cho rằng chúng vượt quá tầm nhận thức. Với người xưa, các lực tương tác của tự nhiên là một bí ẩn vĩnh cửu đáng sợ và được tôn thờ, do đó, họ tạo ra các vị thần để lý giải thế giới xung quanh. Họ hy vọng rằng khi cầu nguyện, các vị thần sẽ xót thương và ban cho họ những mong ước thầm kín.

Ngày nay, chúng ta đã trở thành biên đạo của các vũ điệu tự nhiên, có thể tinh chỉnh đâu đó các định luật tự nhiên. Nhưng đến năm 2100, chúng ta sẽ tiến thêm một bước nữa trở thành người làm chủ tự nhiên.

2100: TRỞ THÀNH CÁC VỊ THẦN

Ngày nay, nếu có thể về thăm tổ tiên và cho họ thấy các sản phẩm khoa học, công nghệ hiện đại, họ sẽ nhìn chúng ta như những pháp sư. Nhờ khoa học "màu nhiệm", chúng ta có thể cho họ thấy máy bay phản lực bay lên trên mây, tên lửa khám phá Mặt trăng và các hành tinh, máy quét MRI có thể nhìn vào bên trong cơ thể sống, điện thoại di động giúp kết nối với bất cứ ai trên Trái đất. Nếu cho họ xem máy tính xách tay gửi được hình động và tin nhắn tức thời xuyên lục địa, họ sẽ coi đó là phép thuật.

Nhưng đó chỉ là bước khởi đầu. Khoa học không đứng yên. Khoa học đang bùng nổ theo cấp số nhân. Nếu đếm các bài báo khoa học, bạn sẽ thấy số cột báo tăng gấp đôi sau mỗi thập kỷ. Đổi mới và khám phá đang thay đổi toàn bộ bối cảnh kinh tế, chính trị và xã hội, đảo lộn tất cả niềm tin và định kiến cũ.

Bây giờ hãy tưởng tượng thế giới năm 2100.

Đến năm 2100, vận mệnh của chúng ta là trở thành các vị thần mà mình từng tôn thờ và sợ hãi. Nhưng chúng ta sẽ không dùng đũa phép và nước bùa, mà là khoa học máy tính, công nghệ nano, trí tuệ nhân tạo, công nghệ sinh học và trên tất cả là lý thuyết lượng tử, nền tảng của các công nghệ trên.

Đến năm 2100, giống như các vị thần, chúng ta sẽ điều khiển đồ vật bằng ý nghĩ. Máy tính âm thầm đọc suy nghĩ và thực hiện mong muốn của chúng ta. Chúng ta sẽ có thể di chuyển đồ vật bằng ý nghĩ, một sức mạnh thần kinh thường chỉ dành cho các vị thần. Với sức mạnh của công nghệ sinh học, chúng ta sẽ tạo ra những cơ thể hoàn

hảo và kéo dài tuổi thọ. Chúng ta cũng sẽ tạo ra những sinh vật chưa từng tồn tại. Với sức mạnh của công nghệ nano, chúng ta có thể biến vật này thành vật khác, tạo ra vạn vật từ hư không. Chúng ta sẽ không còn đi tàu lửa bốc khói mà bay trên chiếc xe đẹp đẽ gần như không cần nhiên liệu. Nhờ động cơ đặc biệt, chúng ta có thể khai thác năng lượng vô hạn của các ngôi sao. Chúng ta cũng sẽ dần gửi các phi thuyền vào không gian để khám phá những hệ sao láng giềng.

Mặc dù sức mạnh thần thánh này dường như không tưởng, nhưng hạt giống của tất cả các công nghệ đang được gieo trồng. Chính khoa học hiện đại sẽ cho chúng ta quyền năng này chứ không phải tụng kinh hay niệm chú.

Tôi là một nhà vật lý lượng tử. Mỗi ngày, tôi vật lộn với các phương trình mô tả hạt hạ nguyên tử tạo ra vũ trụ. Thế giới mà tôi sống là vũ trụ của khoảng không gian mười một chiều, lỗ đen và cổng vào đa vũ trụ. Nhưng phương trình của lý thuyết lượng tử dùng để mô tả vụ nổ ngôi sao và Big Bang (Vụ Nổ Lớn), cũng có thể áp dụng để giải mã các phác thảo về tương lai.

Nhưng tất cả thay đổi công nghệ này sẽ đi đến đâu? Đâu là đích đến cuối cùng trong chuyến đi dài của khoa học và công nghệ?

Đỉnh cao của những thay đổi này là sự hình thành một nền văn minh toàn cầu được các nhà vật lý gọi là nền văn minh Loại I. Đây có lẽ là chuyển biến lớn nhất trong lịch sử, vượt xa mọi nền văn minh trước đó. Theo một cách nào đó, các tiêu đề về tin tức quan trọng đều phản ánh cơn chuyển dạ của nền văn minh toàn cầu. Các hoạt động thương mại, buôn bán, văn hóa, ngôn ngữ, giải trí, thậm chí chiến tranh đều đang được cách mạng hóa bởi sự trỗi dậy của nền văn minh toàn cầu này. Tính toán đầu ra năng lượng trên Trái đất, ta có thể ước tính trạng thái Loại I trong vòng 100 năm tới. Trừ khi không chống lại được các tác động hỗn loạn và điên rồ, sự dịch chuyển sang nền văn minh toàn cầu là tất yếu, sản phẩm hiển nhiên cuối cùng của lực tương tác khổng lồ trong lịch sử và công nghệ vượt ngoài tầm kiểm soát của bất kỳ ai.

TẠI SAO DỰ ĐOÁN ĐÔI KHI KHÔNG ĐÚNG?

Tuy nhiên một số dự đoán về thời đại thông tin thật đáng tiếc lại không đúng. Ví dụ, nhiều nhà tương lai học dự đoán "văn phòng không giấy", nghĩa là máy tính sẽ khiến giấy lỗi thời. Thực tế lại trái ngược. Khi lướt qua bất kỳ văn phòng nào, bạn cũng sẽ thấy số lượng giấy lớn hơn bao giờ hết.

Một số đã dự đoán về "thành phố không người". Các nhà tương lai học dự đoán hội thảo từ xa qua Internet sẽ khiến các cuộc họp trực tiếp trở nên không cần thiết, vì vậy sẽ không cần đến chỗ làm hằng ngày nữa. Các thành phố sẽ gần như vắng tanh, trở thành thị trấn ma, vì mọi người đều làm việc ở nhà thay vì đến văn phòng.

Tương tự như vậy, chúng ta sẽ thấy sự gia tăng của "du lịch qua mạng", những người lười vận động dành cả ngày trên ghế sofa, "đi" khắp thế giới và ngắm danh lam qua mạng. Chúng ta cũng sẽ thấy "người mua sắm qua mạng", những người sẽ lướt chuột máy tính để mua sắm. Trung tâm thương mại sẽ phá sản. Và "sinh viên mạng" sẽ vừa tham gia tất cả các lớp học trực tuyến vừa lén lút chơi điện tử và uống bia. Trường đại học sẽ đóng cửa vì không còn ai quan tâm.

Hoặc xem xét số phận của "điện thoại hình ảnh". Tại Hội chợ Thế giới năm 1964, AT&T đã chi khoảng 100 triệu đô la để hoàn thiện một màn hình ti vi có thể kết nối với hệ thống điện thoại, để bạn có thể thấy người đang nói chuyện với mình và ngược lại. Ý tưởng đó đã thất bại; AT&T chỉ bán được khoảng 100 chiếc, khiến mỗi chiếc có giá khoảng một triệu đô la. Đây là một thất bại đắt đỏ.

Và cuối cùng, người ta nghĩ rằng sự sụp đổ của truyền thông và giải trí truyền thống sắp xảy ra. Một số người theo thuyết tương lai cho rằng Internet là quái nhân tàn bạo có thể nuốt chửng nhà hát trực tiếp, phim ảnh, đài phát thanh và ti vi, tất cả những thứ này chẳng mấy chốc chỉ còn được thấy trong bảo tàng.

Thực tế lại khác hẳn. Ùn tắc giao thông tồi tệ hơn bao giờ hết –

một hệ quả tất yếu của cuộc sống đô thị. Mọi người ùn ùn đổ xô ra nước ngoài, khiến du lịch trở thành một trong những ngành phát triển nhanh nhất hành tinh. Người mua sắm tràn ngập các cửa hàng, ngay cả lúc kinh tế khó khăn. Thay vì có thêm lớp học qua mạng, số lượng sinh viên đăng ký vào các trường đại học không ngừng tăng. Có nhiều người quyết định làm việc ở nhà hoặc hội thảo qua mạng với đồng nghiệp nhưng các thành phố không hề vắng vẻ. Thay vào đó, chúng phình lên thành siêu đô thị. Ngày nay, người ta có thể dễ dàng gọi video qua Internet, nhưng mọi người thường không muốn lên hình mà thích gặp mặt trực tiếp. Và tất nhiên, Internet đã thay đổi toàn bộ bối cảnh truyền thông khi các đại gia truyền thông thận trọng xoay xở cách kiếm tiền trên Internet. Thực tế thì ti vi, radio và nhà hát không hề bị quên lãng. Ánh sáng của nhà hát Broadway vẫn sáng rực như xưa.

NGUYÊN LÝ NGƯỜI THƯỢNG CỔ

Vì sao những dự đoán này không thành hiện thực? Tôi cho rằng mọi người phần lớn từ chối những tiến bộ này vì thứ mà tôi gọi là Nguyên lý Người Thượng Cổ (Cave Man hoặc Cave Woman Principle). Bằng chứng di truyền và hóa thạch cho thấy con người hiện đại, trông giống như chúng ta, xuất hiện từ châu Phi hơn 100.000 năm trước, nhưng không có bằng chứng nào cho thấy bộ não và tính cách con người đã thay đổi nhiều kể từ đó. Nếu đưa một người thượng cổ đi tắm, cạo râu, mặc vest và đem đến phố Wall, anh ta sẽ giống như những người hiện đại khác. Do đó, mong muốn, ước mơ, tính cách và sở nguyện của con người có lẽ không thay đổi nhiều trong 100.000 năm. Chúng ta có lẽ vẫn suy nghĩ như tổ tiên thời thượng cổ vậy.

Vấn đề là: bất cứ khi nào có mâu thuẫn giữa công nghệ hiện đại và ước vọng nguyên thủy thì ước vọng nguyên thủy đều giành chiến thắng. Đó là Nguyên lý Người Thượng Cổ. Ví dụ, người thượng cổ luôn đòi hỏi "bằng chứng tiêu diệt." Khoe khoang việc một con thú lớn chạy thoát sẽ chẳng có nghĩa lý gì. Họ thích chuyện bắt được con

mồi sống hơn là chuyện con mồi chạy thoát. Tương tự, chúng ta luôn muốn bản cứng mỗi khi xử lý tệp. Chúng ta theo bản năng không tin tưởng các electron nổi trên màn hình máy tính, vì vậy ta thường in thư điện tử và báo cáo, ngay cả khi không cần thiết. Đó là lý do tại sao dự đoán về văn phòng không giấy không bao giờ thành hiện thực.

Tương tự như vậy, tổ tiên của chúng ta luôn thích gặp mặt trực tiếp. Điều này giúp con người gắn kết với nhau và đọc được cảm xúc bên trong. Đây là lý do tại sao dự đoán về thành phố không người không bao giờ trở thành hiện thực. Ví dụ, một ông chủ kiểm tra nhân sự kỹ lưỡng. Thật khó để làm điều này qua mạng, nhưng thông qua gặp mặt trực tiếp ông ta có thể đọc ngôn ngữ cơ thể để có được thông tin giá trị. Bằng cách quan sát một người ở gần, chúng ta cảm nhận được mối liên kết chung và cũng có thể đọc ngôn ngữ cơ thể để hiểu suy nghĩ đang chạy trong đầu họ. Điều này là do trước khi phát triển ngôn ngữ hàng ngàn năm trước, tổ tiên chúng ta gần như chỉ sử dụng ngôn ngữ cơ thể để truyền đạt suy nghĩ và cảm xúc.

Đây là lý do du lịch qua mạng chưa bao giờ thành hiện thực. Xem ảnh Taj Mahal là một chuyện, nhưng ta hoàn toàn có quyền tự hào khi tận mắt ngắm nhìn. Tương tự như vậy, việc nghe CD của nghệ sĩ bạn yêu thích không giống với cảm giác bỗng nhiên nhìn thấy nghệ sĩ này trong buổi hòa nhạc trực tiếp, được bao quanh bởi đám đông hâm mộ ồn ào và phấn khích. Có nghĩa rằng, mặc dù có thể tải hình ảnh về một vở kịch hay người nổi tiếng yêu thích, nhưng nó hoàn toàn khác với xem kịch trên sân khấu hay nghệ sĩ trình diễn trực tiếp. Người hâm mộ có thể đi một quãng đường dài chỉ để xin ảnh có chữ ký và lấy vé biểu diễn của thần tượng, dù họ có thể tải miễn phí từ trên mạng.

Điều này giải thích lý do dự đoán Internet sẽ quét sạch ti vi và đài phát thanh không bao giờ đúng. Khi các bộ phim và đài phát thanh mới xuất hiện, mọi người đã bàn tán đầy tiếc nuối về cái chết của nhà hát. Khi có ti vi, mọi người dự đoán sự sụp đổ của rạp phim và đài phát thanh. Hiện nay chúng ta đều đang sống cùng tất cả các phương tiện

truyền thông này. Bài học rút ra là một phương tiện không bao giờ tiêu diệt phương tiện trước đó mà tất cả đều cùng tồn tại. Có chăng là sự hợp tác và mối quan hệ giữa các phương tiện truyền thông này liên tục thay đổi. Người nào dự đoán chính xác sự hợp tác của các phương tiện truyền thông trong tương lai có thể trở nên giàu có.

Lý do là tổ tiên chúng ta luôn muốn nhìn thấy tận mắt thay vì chỉ nghe tin đồn. Điều tối quan trọng để sinh tồn trong rừng là dựa vào bằng chứng thực tế chứ không phải là tin đồn. Thậm chí một thế kỷ nữa, chúng ta vẫn sẽ có nhà hát và vẫn chạy theo những người nổi tiếng, một di sản cổ xưa của quá khứ xa xôi.

Ngoài ra, chúng ta là hậu duệ của những kẻ săn mồi. Do đó, chúng ta thích xem người khác và thậm chí có thể ngồi hàng giờ trước ti vi xem diễn hài, nhưng ngay lập tức thấy bất an khi biết có người đang nhìn mình. Trên thực tế, các nhà khoa học tính toán rằng con người có cảm giác lo lắng khi bị một người lạ nhìn chằm chằm trong khoảng bốn giây. Sau khoảng mười giây, chúng ta thậm chí còn giận dữ và khó chịu. Đây là lý do chiếc điện thoại hình ảnh đầu tiên thất bại. Không ai muốn phải chải chuốt trước khi lên mạng cả. (Ngày nay, sau nhiều thập kỷ cải thiện nhọc nhằn và chậm chạp, hội thảo trực tuyến cũng đã dần phổ biến.)

Ngày nay, chúng ta hoàn toàn có thể tham gia các khóa học trực tuyến. Tuy nhiên số lượng sinh viên vẫn không ngừng tăng. Việc gặp gỡ trực tiếp giảng viên, người quan tâm và trả lời từng câu hỏi cá nhân, vẫn được yêu thích hơn các khóa học trực tuyến. Và khi xin việc, tấm bằng đại học vẫn giá trị hơn một bằng tốt nghiệp trực tuyến.

Vì vậy, có sự cạnh tranh liên tục giữa High Tech (Công nghệ cao) và High Touch (Cảm thức cao), nghĩa là ngồi trên ghế xem ti vi và ra ngoài, chạm vào mọi thứ. Thực ra trong cuộc cạnh tranh này ta sẽ muốn cả hai thứ. Đó là lý do chúng ta vẫn có nhà hát, các buổi biểu diễn rock, giấy và du lịch trong thời đại không gian mạng và thực tế ảo. Nhưng nếu được chọn giữa bức ảnh của nghệ sĩ thần tượng hoặc

vé xem hòa nhạc trực tiếp, chắc chắn ta sẽ chọn vé, không có gì phải bàn cãi.

Nguyên lý Người Thượng Cổ là vậy: chúng ta muốn có cả hai, nhưng nếu được lựa chọn, chúng ta sẽ chọn High Touch, giống tổ tiên của chúng ta.

Nhưng cũng có một hệ luận cho nguyên lý này. Khi các nhà khoa học lần đầu tiên tạo ra Internet vào những năm 1960, người ta tin rằng nó sẽ phát triển thành một diễn đàn về giáo dục, khoa học và phát triển. Thay vào đó, nhiều người e sợ nó sẽ sớm suy thoái thành Miền Tây hoang dã ngoài vòng kiểm soát như ngày nay. Trên thực tế, điều này là dễ hiểu. Hệ quả của Nguyên lý Người Thượng Cổ là nếu bạn muốn dự đoán tương tác xã hội của con người trong tương lai, chỉ cần tưởng tượng tương tác xã hội loài người cách đây 100.000 năm và nhân lên một tỷ. Điều này có nghĩa sẽ có một nhu cầu cao về tin đồn, liên kết xã hội và giải trí. Tin đồn rất cần trong bộ lạc để truyền tin nhanh chóng, đặc biệt là về người đứng đầu và nhân vật điển hình. Người ngoài cuộc thường không sống sót để truyền gen cho đời sau. Ngày nay, chúng ta có thể thấy điều này tại các quầy tính tiền ở cửa hàng tạp hóa, nơi đặt các tạp chí lá cải đưa tin về người nổi tiếng hay sự trỗi dậy của một trào lưu thần tượng. Sự khác biệt duy nhất là ngày nay, thông qua các phương tiện thông tin đại chúng, tin đồn có thể nhân lên đến mức chóng mặt và giờ đây còn có thể đi vòng quanh Trái đất nhiều lần chỉ trong một phần nhỏ của một giây.

Xu hướng bùng nổ các trang mạng xã hội giúp những doanh nhân trẻ, mặt còn búng sữa trở thành tỷ phú chỉ sau một đêm, khiến nhiều nhà phân tích bất ngờ, nhưng đây cũng là một ví dụ về nguyên lý này. Trong lịch sử tiến hóa của loài người, những người duy trì liên kết xã hội rộng dựa vào đó làm nguồn lực, lời khuyên và sự giúp đỡ, đóng vai trò cốt yếu cho sự tồn tại.

Và cuối cùng, lĩnh vực giải trí sẽ tiếp tục bùng nổ. Đôi khi chúng ta không muốn thừa nhận điều này, nhưng giải trí là một phần trọng

yếu của văn hóa. Sau những cuộc đi săn, tổ tiên của chúng ta thư giãn và tự giải trí. Điều này không chỉ gắn kết tình cảm mà còn giúp thiết lập vị trí trong bộ lạc. Chẳng phải ngẫu nhiên mà những loại hình chủ yếu của giải trí là nhảy múa và ca hát đóng vai trò quan trọng trong thế giới động vật để thu hút đối tượng. Chim trống hót những giai điệu đẹp đẽ, điêu luyện hoặc có các nghi lễ giao phối kỳ quái, chủ yếu là để cho đối tượng thấy rằng chúng khỏe mạnh, thể chất phù hợp, không có ký sinh trùng và có gen tốt.

Và sáng tạo nghệ thuật không chỉ để thưởng thức mà còn đóng vai trò quan trọng trong sự tiến hóa của bộ não nhằm xử lý hầu hết các thông tin mang tính biểu tượng.

Vì vậy, trừ khi thay đổi về mặt di truyền tính cách cơ bản, chúng ta đoán sức mạnh của giải trí, tin đồn và liên kết xã hội sẽ tăng lên, chứ không hề giảm đi trong tương lai.

KHOA HỌC NHƯ MỘT THANH GƯƠM

Có một bộ phim đã thay đổi mãi mãi thái độ của tôi đối với tương lai. Đó là phim *Forbidden Planet* (Hành tinh cấm), dựa trên vở *The Tempest* (Kỷ nguyên giông tố) của Shakespeare. Trong phim, các phi hành gia bất ngờ đụng độ với nền văn minh cổ đại cách chúng ta hàng triệu năm. Ở đó, cư dân đã đạt được mục tiêu cuối cùng của sự phát triển công nghệ: sức mạnh vô hạn mà không cần công cụ nào, đó là sức mạnh thực hiện hầu hết mọi việc bằng tâm trí. Suy nghĩ được truyền tới các nhà máy điện hạt nhân khổng lồ, chôn sâu bên trong hành tinh, biến mọi ước muốn của họ thành hiện thực. Nói cách khác, họ có sức mạnh của các vị thần.

Chúng ta sẽ có sức mạnh tương tự, nhưng sẽ không phải đợi hàng triệu năm. Chúng ta chỉ phải chờ đợi một thế kỷ và có thể thấy những hạt giống của tương lai này trong các công nghệ hiện nay. Nhưng bộ phim cũng là một câu chuyện đạo đức, vì quyền năng thiêng liêng đó cuối cùng đã chôn vùi nền văn minh này.

Tất nhiên, khoa học là một con dao hai lưỡi; nó giải quyết nhưng cũng tạo ra thêm nhiều vấn đề và luôn ở mức cao hơn. Có hai xu hướng cạnh tranh trên thế giới hiện nay: một là tạo ra nền văn minh khoa học và thịnh vượng, hai là ủng hộ sự vô chính phủ và ngu dốt có thể phá vỡ cấu trúc xã hội. Chúng ta vẫn có cùng niềm đam mê tín ngưỡng, chủ nghĩa cơ bản, phi lý như tổ tiên của mình, nhưng sự khác biệt là thời nay chúng ta có vũ khí hạt nhân, hóa học và sinh học.

Trong tương lai, chúng ta sẽ dần chuyển từ những người thụ động quan sát các vũ điệu tự nhiên thành biên đạo múa của tự nhiên, trở thành bậc thầy của tự nhiên và cuối cùng là người bảo tồn tự nhiên. Vì vậy, hãy hy vọng chúng ta có thể sử dụng thanh gươm khoa học với sự khôn ngoan và bình tĩnh, khai hóa văn minh cho quá khứ cổ xưa.

Bây giờ hãy cùng lên đường thực hiện một cuộc hành trình giả định trong 100 năm tới của đổi mới và khám phá khoa học, như các nhà khoa học đang biến điều này thành hiện thực đã chia sẻ với tôi. Đây sẽ là một chuyến đi đầy phóng túng với những bước tiến nhảy vọt trong công nghệ máy tính, viễn thông, công nghệ sinh học, trí tuệ nhân tạo và công nghệ nano. Những công nghệ này chắc chắn sẽ thay đổi tương lai của nền văn minh.

Con người thường lấy giới hạn tầm nhìn của bản thân khi nói về giới hạn của thế giới.

—ARTHUR SCHOPENHAUER

Không người bi quan nào từng khám phá ra bí mật của các ngôi sao hay dong buồm đến miền nguyên sơ hoặc mở ra một thiên đường mới cho tinh thần con người.

—HELEN KELLER

1 TƯƠNG LAI CỦA MÁY TÍNH *Ý thức vượt lên vật chất*

Tôi nhớ rõ mồn một khi ngồi trong văn phòng của Mark Weiser ở Thung lũng Silicon gần 20 năm trước khi ông chia sẻ về tầm nhìn tương lai. Lấy tay ra hiệu, ông hào hứng nói với tôi về một cuộc cách mạng mới sắp sửa thay đổi thế giới. Weiser là nhân vật ưu tú trong lĩnh vực máy tính, làm việc tại Xerox PARC (Trung tâm nghiên cứu Palo Alto, nơi tiên phong về máy tính cá nhân, máy in laser và kiến trúc kiểu Windows với giao diện người dùng đồ họa), ông là một trí thức không chịu theo khuôn phép xã hội, người làm đảo lộn những kiến thức thông thường và cũng là thành viên của một ban nhạc rock.

Thời đó (có vẻ đã lâu), máy tính cá nhân mới bắt đầu đi vào cuộc sống, con người đang từ từ làm quen với ý tưởng mua máy tính bàn cồng kềnh để phân tích bảng tính và xử lý văn bản. Internet hãy còn là vùng đất bị cô lập của các nhà khoa học như tôi, tạo ra các phương trình cho các nhà khoa học đồng nghiệp bằng một ngôn ngữ phức tạp. Đã có nhiều cuộc tranh luận gay gắt về việc liệu chiếc hộp lạnh lùng vô cảm nằm trên bàn làm việc này có làm nền văn minh trở nên mất nhân tính. Ngay cả nhà phân tích chính trị William F. Buckley cũng phải bảo

vệ bộ xử lý văn bản trước những nhà trí thức đối lập, những người từ chối chạm vào máy tính, gọi đó là công cụ của kẻ ít học.

Chính trong giai đoạn tranh cãi này, Weiser đã đưa ra khái niệm "điện toán phổ biến." Nhìn nhận về máy tính cá nhân, ông dự đoán một ngày nào đó các con chip sẽ rẻ và nhiều đến nỗi nằm rải rác khắp nơi – trong quần áo, đồ đạc, tường nhà, thậm chí cả trong cơ thể người. Và tất cả chúng sẽ được kết nối với Internet, chia sẻ dữ liệu, khiến cuộc sống dễ chịu hơn, theo dõi mọi mong muốn của con người. Ở bất cứ nơi đâu ta đến, chip sẽ ở đó để âm thầm thực hiện mong muốn của chúng ta. Môi trường sẽ trở nên sống động.

Tại thời điểm đó, giấc mơ của Weiser rất kỳ quặc, thậm chí là phi lý. Hầu hết máy tính cá nhân vẫn còn đắt đỏ và thậm chí không kết nối với Internet. Ý tưởng hàng tỷ chip nhỏ sẽ một ngày rẻ như nước bị coi là điên rồ.

Tôi có hỏi tại sao ông lại cảm thấy chắc chắn về cuộc cách mạng này. Ông bình tĩnh trả lời, sức mạnh máy tính đang tăng theo cấp số nhân, không có hồi kết. Hãy thử tính toán mà xem, ông ngụ ý. Đó chỉ là vấn đề thời gian. (Đáng buồn thay, Weiser đã không sống đủ lâu để thấy cuộc cách mạng trở thành hiện thực, ông qua đời vì ung thư năm 1999.)

Nguồn động lực đằng sau giấc mơ tiên tri của Weiser là định luật Moore, nguyên tắc đã thúc đẩy ngành công nghiệp máy tính trong hơn 50 năm, thiết lập nhịp độ nền văn minh hiện đại như bộ máy đồng hồ. Định luật Moore chỉ đơn giản mô tả sức mạnh máy tính tăng gấp đôi sau mỗi 18 tháng. Được phát biểu lần đầu năm 1965 bởi Gordon Moore, người đồng sáng lập Tập đoàn Intel, định luật đơn giản này đã giúp cách mạng hóa nền kinh tế thế giới, tạo ra sự giàu có thần kỳ và thay đổi vĩnh viễn cách sống của con người. Khi thử vẽ đồ thị mô tả giá của con chip máy tính và sự tiến bộ nhanh chóng về tốc độ, công suất xử lý, bộ nhớ, ta sẽ thấy một đường thẳng trong vòng 50 năm. (Điều này ứng với một đường định phân. Trên thực tế, nếu mở rộng đồ thị

mô tả cả công nghệ ống chân không và thậm chí cả máy tính cộng quay tay cơ học, có thể kéo dài đường thẳng đó hơn 100 năm về quá khứ.)

Tăng trưởng theo hàm mũ thường khó nắm bắt, vì con người thường tư duy tuyến tính. Đôi khi ta cũng không nhận thấy bất kỳ sự thay đổi nào. Nhưng qua nhiều thập kỷ, mọi thứ xung quanh ta hoàn toàn có thể thay đổi.

Theo định luật Moore, qua mỗi Giáng sinh, công suất của các máy chơi game gần như tăng gấp đôi (về số lượng bóng bán dẫn) so với năm trước. Cứ như vậy, cùng với thời gian, sự gia tăng này trở nên khủng khiếp. Ví dụ, khi bạn nhận được một thiệp sinh nhật qua thư, thường sẽ có một con chip đi kèm hát "Chúc mừng sinh nhật". Đáng chú ý, con chip đó mang sức mạnh tính toán lớn hơn cả lực lượng Đồng Minh năm 1945. Hitler, Churchill, hay Roosevelt có thể sẵn sàng giết người để lấy con chip đó. Nhưng chúng ta làm gì với nó? Sau sinh nhật, ta ném thẻ và chip đi. Ngày nay, điện thoại di động có sức mạnh lớn hơn cả NASA vào năm 1969, thời điểm đưa hai phi hành gia lên Mặt trăng. Trò chơi điện tử tiêu thụ một lượng lớn công suất máy tính để mô phỏng các tình huống 3-D, sử dụng công suất máy tính nhiều hơn cả các máy tính lớn trong thập kỷ trước. Thiết bị Play Station của Sony ngày nay, với giá 300 đô la, có sức mạnh của một siêu máy tính quân sự năm 1997 giá hàng triệu đô la.

Chúng ta có thể thấy sự khác biệt giữa tăng trưởng tuyến tính và hàm mũ khi phân tích cách mọi người nhìn nhận tương lai máy tính vào năm 1949, khi tạp chí *Popular Mechanics* dự đoán máy tính sẽ phát triển tuyến tính trong tương lai, có lẽ chỉ tăng gấp đôi hoặc gấp ba theo thời gian. Tạp chí này cho rằng: "Một máy tính như ENIAC ngày nay được trang bị 18.000 ống chân không và nặng 30 tấn, máy tính trong tương lai có thể chỉ có 1.000 ống chân không và chỉ nặng 1½ tấn."

(Mẹ Thiên Nhiên đánh giá cao sức mạnh của hàm mũ. Một con virus có thể tấn công một tế bào người và tạo ra hàng trăm bản sao. Số lượng virus tăng 100 lần sau mỗi thế hệ, như vậy một virus có thể tạo

ra 10 tỷ virus chỉ trong vòng năm thế hệ. Không có gì ngạc nhiên khi một loại virus có thể lây nhiễm sang cơ thể người, với hàng tỷ tỷ tế bào khỏe mạnh, khiến bạn bị cảm lạnh chỉ trong một tuần.)

Không chỉ sức mạnh máy tính tăng lên mà cách sức mạnh này được chuyển giao cũng đã thay đổi hoàn toàn, với những ứng dụng lớn trong nền kinh tế. Chúng ta có thể thấy sự tiến triển này sau từng thập kỷ:

- **Những năm 1950.** Máy tính ống chân không là cỗ máy khổng lồ chiếm trọn căn phòng với hàng tá dây, cuộn và thép. Chỉ có quân đội mới đủ giàu để đầu tư những cỗ máy kỳ dị này.
- **Những năm 1960.** Bóng bán dẫn thay thế máy tính ống chân không và máy tính lớn dần dần bước vào thị trường thương mại.
- **Những năm 1970.** Các bảng mạch tích hợp, chứa hàng trăm bóng bán dẫn, tạo ra máy tính mini với kích thước bằng một chiếc bàn lớn.
- **Những năm 1980.** Chip có chứa hàng chục triệu bóng bán dẫn, tạo ra các máy tính cá nhân có thể đựng vừa bên trong một chiếc cặp.
- **Những năm 1990.** Internet kết nối hàng trăm triệu máy tính thành một mạng toàn cầu.
- **Những năm 2000.** Điện toán phổ biến giải phóng chip ra khỏi máy tính, vì vậy chip được phân tán vào môi trường.

Như vậy, mô hình cũ (một con chip bên trong máy tính để bàn hoặc máy tính xách tay kết nối với một máy tính khác) đang được thay thế bằng mô hình mới (hàng nghìn con chip nằm rải rác bên trong mỗi đồ tạo tác, chẳng hạn như đồ nội thất, đồ gia dụng, tranh ảnh, tường, ô tô và quần áo, tất cả tương tác với nhau và kết nối với Internet).

Khi đưa chip vào một thiết bị, thiết bị này sẽ biến đổi kỳ diệu. Khi đưa chip vào máy đánh chữ, máy đánh chữ trở thành bộ xử lý văn bản. Khi lắp vào điện thoại, chúng trở thành điện thoại di động. Khi đưa vào máy ảnh, máy ảnh trở thành máy ảnh kỹ thuật số. Máy pinball trở thành trò chơi điện tử. Máy quay đĩa trở thành iPod. Máy bay trở thành máy bay không người lái Predator chết chóc. Mỗi lần như vậy, một ngành công nghiệp được cách mạng hóa và tái sinh. Cuối cùng, hầu hết mọi thứ xung quanh chúng ta sẽ trở nên thông minh. Chip sẽ rẻ hơn cả túi nylon và thay thế mã vạch. Các công ty không làm cho sản phẩm của mình trở nên thông minh, sẽ bị đối thủ cạnh tranh đánh sập.

Tất nhiên, màn hình máy tính vẫn tồn tại, nhưng chúng sẽ giống như giấy dán tường, khung ảnh hoặc ảnh gia đình, hơn là máy tính. Hãy nghĩ đến tất cả tranh ảnh trang trí trong nhà bạn; sau đó tưởng tượng mỗi bức bỗng trở nên sinh động, di chuyển và kết nối với Internet. Khi đi ra ngoài, bạn cũng thấy tranh ảnh chuyển động, vì ảnh động sẽ có giá rẻ như ảnh tĩnh.

Số phận của máy tính – giống như các công nghệ hàng loạt khác như điện, giấy và nước – trở nên vô hình, tức là biến mất khỏi cuộc sống, ở khắp mọi nơi mà cũng không ở nơi nào, âm thầm và liên tục thực hiện mong muốn của con người.

Ngày nay, khi bước vào một căn phòng, chúng ta sẽ tự động tìm công tắc đèn, vì mặc định rằng các bức tường được điện khí hóa. Trong tương lai, điều đầu tiên ta làm khi bước vào một căn phòng là tìm kết nối Internet, bởi chúng ta mặc định căn phòng thông minh. Như tiểu thuyết gia Max Frisch từng nói: “Công nghệ chính là mẹo sắp xếp thế giới mà chúng ta không học từ trải nghiệm.”

Định luật Moore cũng cho phép dự đoán sự phát triển của máy tính trong tương lai gần. Trong thập kỷ tới, chip sẽ kết hợp với các cảm biến siêu nhạy để phát hiện bệnh tật, tai nạn, tình huống báo động và cảnh báo chúng ta trước khi mất kiểm soát. Ở mức độ nào đó, chip sẽ nhận ra giọng nói, mặt người và trò chuyện bằng một ngôn ngữ chính

thức. Nó sẽ có thể tạo ra toàn bộ thế giới ảo mà ngày nay chúng ta chỉ có thể mơ ước. Vào khoảng năm 2020, giá của một con chip cũng có thể giảm còn một xu, tương đương với giá giấy vụn. Sau đó, chúng ta sẽ có hàng triệu con chip được phân phối khắp nơi trong môi trường, âm thầm phục vụ con người.

Cuối cùng, từ *máy tính* sẽ biến mất.

Để thảo luận về tiến bộ khoa học và công nghệ trong tương lai, tôi đã chia từng chương thành ba giai đoạn: tương lai gần (hiện nay đến năm 2030), tương lai trung hạn (từ năm 2030 đến năm 2070) và cuối cùng là tương lai xa, từ năm 2070 đến năm 2100. Các khoảng thời gian này chỉ mang tính chất ước lượng, nhưng nó hiển thị khung thời gian cho các xu hướng khác nhau được mô tả trong cuốn sách này.

Sức mạnh máy tính gia tăng chóng mặt vào năm 2100 sẽ cho chúng ta sức mạnh của các vị thần mà chúng ta từng tôn thờ, cho phép con người kiểm soát thế giới xung quanh bằng ý nghĩ. Giống như các vị thần với năng lực di chuyển đồ vật và định hình cuộc sống bằng một cái vẫy tay hay gật đầu đơn giản, chúng ta cũng có thể kiểm soát thế giới xung quanh bằng sức mạnh tâm trí. Chúng ta sẽ liên tục liên lạc bằng trí óc với những con chip nằm rải rác trong môi trường và những con chip này sẽ âm thầm thực hiện các mệnh lệnh của chúng ta.

Tôi nhớ có lần xem một tập phim *Du hành giữa các vì sao*, trong đó phi hành đoàn tàu *Enterprise* ghé thăm hành tinh của các vị thần Hy Lạp. Đứng trước mặt họ là thần Apollo cao lừng lững, làm lóa mắt và áp đảo phi hành đoàn với những chiến công thần thánh. Khoa học thế kỷ 23 bất lực khi chiến đấu với vị thần cai trị thiên đường ở Hy Lạp cổ đại hàng ngàn năm trước. Nhưng ngay khi hồi phục sau cú sốc gặp các vị thần, phi hành đoàn sớm nhận ra rằng nguồn sức mạnh này phải tồn tại đâu đó, rằng Apollo phải liên lạc bằng tâm trí với một máy tính trung tâm và nhà máy điện, qua đó thực hiện mong muốn của mình. Ngay khi họ định vị và phá hủy nguồn cung cấp năng lượng, Apollo đã bị giảm sức mạnh trở thành một con người bình thường.

Đó chỉ là một câu chuyện Hollywood. Tuy nhiên, bằng cách mở rộng các khám phá căn bản còn đang nằm trong phòng thí nghiệm, các nhà khoa học có thể hình dung ra ngày nào đó con người sẽ sử dụng siêu năng ngoại cảm trên máy tính để có được sức mạnh của Apollo.

TƯƠNG LAI GẦN (TỪ HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

KÍNH VÀ KÍNH ÁP TRÒNG INTERNET

Ngày nay, chúng ta có thể giao tiếp với Internet thông qua máy tính và điện thoại di động. Nhưng trong tương lai, Internet sẽ ở khắp mọi nơi – trên màn hình tường, đồ nội thất, biển quảng cáo, thậm chí cả gương và kính áp tròng. Khi nháy mắt, ta có thể lướt mạng.

Ta có thể tích hợp mạng trên kính mắt bằng nhiều cách. Hình ảnh có thể được chiếu trực tiếp từ kính qua thấu kính của mắt và võng mạc. Ta cũng có thể chiếu hình ảnh lên thấu kính hoạt động như một màn hình. Hoặc nó có thể được gắn vào gọng kính, giống như ống kính nhỏ của thợ kim hoàn. Khi nhìn vào kính, ta thấy Internet như một màn hình phim. Sau đó chúng ta có thể sử dụng nó với một thiết bị điều khiển cầm tay không dây. Chúng ta cũng có thể di chuyển ngón tay trong không khí để điều khiển hình ảnh, vì khi ta vẫy tay, máy tính sẽ nhận ra vị trí của các ngón tay.

Ví dụ, từ năm 1991, các nhà khoa học tại Đại học Washington đã làm việc để hoàn thiện màn hình võng mạc ảo (VRD), trong đó ánh sáng laser màu đỏ, xanh lục và xanh lam được chiếu thẳng vào võng mạc. Với phạm vi quan sát 120 độ và độ phân giải 1.600 x 1.200 điểm ảnh, màn hình VRD có thể tạo ra hình ảnh sống động như thật, sánh ngang phim chiếu rạp. Chúng ta có thể tạo ra hình ảnh bằng cách sử dụng mũ bảo hiểm, kính bảo hộ.

Trở lại những năm 1990, tôi từng được thử loại kính Internet này. Đó là phiên bản đời đầu của các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm

truyền thông tại MIT. Nó trông như một cặp kính thông thường, ngoại trừ có một thấu kính hình trụ dài khoảng 1,27 cm, được gắn vào góc bên phải của ống kính. Tôi vẫn nhìn qua kính bình thường. Nhưng khi gõ vào, thì một thấu kính nhỏ xíu rơi xuống trước mắt tôi. Nhìn qua thấu kính, tôi có thể thấy rõ một màn hình máy tính, dường như chỉ nhỏ hơn một chút so với màn hình PC chuẩn. Ngạc nhiên làm sao vì nó nét căng như màn hình đang chĩa thẳng vào mặt tôi. Sau đó, tôi cầm một thiết bị có nhiều nút to bằng chiếc điện thoại di động. Bằng cách nhấn nút, tôi có thể điều khiển con trỏ trên màn hình và thậm chí là gõ hướng dẫn.

Năm 2010, để thực hiện chương trình chuyên đề cho Kênh Science, tôi đã đến Fort Benning, Georgia, để xem phiên bản "Internet cho chiến trường" mới nhất của Quân đội Mỹ, có tên Land Warrior. Tôi đội một chiếc mũ bảo hiểm đặc biệt với màn hình thu nhỏ gắn trên mũ. Khi lật màn hình, tôi nhìn thấy một cảnh tượng đáng kinh ngạc: toàn bộ chiến trường được đánh dấu X của quân ta và quân địch. Đáng chú ý, cục diện chiến trường trở nên rõ rệt nhờ các cảm biến GPS định vị chính xác vị trí của bộ binh, xe tăng và tòa nhà. Bằng cách nhấp vào một nút, hình ảnh sẽ thay đổi nhanh chóng, cho phép tôi sử dụng Internet trên chiến trường, với thông tin liên quan đến thời tiết, bố trí lực lượng quân ta và quân địch, chiến lược và chiến thuật.

Một phiên bản cao cấp hơn nhiều sẽ có Internet hiện trực tiếp lên kính áp tròng bằng cách tích hợp một chip và màn hình LCD. Babak A. Parviz và nhóm của ông tại Đại học Washington ở Seattle đang đặt nền tảng cho kính áp tròng Internet, thiết kế các mẫu thử nghiệm có thể thay đổi cách chúng ta truy cập Internet.

Ông dự đoán ứng dụng trực tiếp của công nghệ này là giúp bệnh nhân tiểu đường điều chỉnh lượng đường trong máu. Thấu kính sẽ hiển thị tức thì các chỉ số của cơ thể. Nhưng tất cả chỉ mới ở giai đoạn khởi đầu. Cuối cùng, Parviz hình dung ngày mà chúng ta có thể tải bất kỳ bộ phim, bài hát, trang web hay thông tin nào trên Internet vào kính

áp tròng. Chúng ta sẽ có một hệ thống giải trí gia đình hoàn chỉnh chứa đựng trong kính áp tròng và ta chỉ việc nằm thư giãn, thưởng thức phim ảnh. Chúng ta cũng có thể dùng nó để kết nối trực tiếp với máy tính văn phòng, sau đó xử lý các tệp văn bản ngay trước mắt. Từ bờ biển, chúng ta sẽ có thể hội thảo trực tuyến với văn phòng bằng cách nhấp nháy mắt.

Bằng cách chèn một số phần mềm nhận dạng mẫu vào kính Internet, chúng cũng sẽ nhận ra các đồ vật, thậm chí là khuôn mặt của một số người. Một số chương trình phần mềm có thể nhận diện khuôn mặt được lập trình sẵn với độ chính xác hơn 90%. Không chỉ tên, mà cả lai lịch của người bạn đang nói chuyện cũng hiện lên trước mắt. Điều này sẽ giúp bạn khỏi ngại ngùng khi gặp một người không nhớ nổi tên. Điều này cũng có thể đóng vai trò quan trọng trong một bữa tiệc cocktail, nơi có nhiều người xa lạ, một số người rất quan trọng, nhưng bạn không biết họ là ai. Trong tương lai, bạn sẽ có thể nhận dạng người lạ và biết lai lịch của họ, ngay cả khi mới nói chuyện. (Điều này phần nào giống như thế giới qua đôi mắt robot trong phim *The Terminator – Kẻ hủy diệt*).

Công nghệ này có thể làm thay đổi hệ thống giáo dục. Trong tương lai, sinh viên thi cuối kỳ có thể âm thầm quét Internet qua kính áp tròng để lấy đáp án, tạo ra một vấn đề rõ ràng cho các giáo viên thường chỉ dựa vào ghi nhớ thuộc lòng. Điều này có nghĩa các nhà giáo dục sẽ phải nhấn mạnh khả năng tư duy và suy luận.

Kính của bạn sẽ được trang bị một máy quay nhỏ trong gọng kính, có thể quay phim xung quanh và phát trực tiếp lên Internet. Mọi người trên khắp thế giới có thể cùng chia sẻ. Dù bạn đang xem gì, hàng ngàn người khác cũng sẽ có thể nhìn thấy. Phụ huynh sẽ biết con mình đang làm gì. Những người yêu nhau có thể chia sẻ trải nghiệm khi xa cách. Người trực tiếp dự buổi hòa nhạc sẽ có thể truyền sự phấn khích của mình cho người hâm mộ toàn thế giới. Thanh tra sẽ đến kiểm tra các nhà máy xa xôi và sau đó chiếu hình ảnh trực tiếp vào kính áp tròng

của sếp. (Hay bạn đời của bạn có thể đi mua sắm, trong khi bạn bình luận về việc cần mua gì.)

Hiện tại, Parviz đã có thể thu nhỏ một con chip máy tính để đặt bên trong màng polymer của kính áp tròng. Ông đã đặt thành công một đèn LED (Light-Emitting Diode) vào kính áp tròng và hiện đang tiến hành đặt ma trận 8 × 8 đèn LED. Kính áp tròng của ông được điều khiển bằng kết nối không dây. Ông tuyên bố: "Kính áp tròng rồi sẽ bao gồm hàng trăm đèn LED, tạo ra hình ảnh ngay trước mắt, như từ ngữ, biểu đồ và ảnh. Phần cứng chủ yếu là bán trong suốt để người đeo có thể đi lại mà không va vấp hay mất phương hướng." Mục tiêu cuối cùng của ông, vẫn còn cần thêm nhiều năm nữa, là tạo ra một kính áp tròng với 3.600 điểm ảnh, mỗi điểm ảnh không quá 10 micromet.

Một lợi thế của kính áp tròng Internet là hao tốn rất ít năng lượng, chỉ một vài phần triệu watt, vì vậy chúng sử dụng năng lượng rất hiệu quả và không tốn pin. Một ưu điểm nữa là dây thần kinh mắt và thị giác, theo nghĩa nào đó, là phần mở rộng trực tiếp của bộ não con người, vì vậy chúng ta đang tiếp cận trực tiếp với não bộ mà không cần cấy ghép điện cực. Mắt và thần kinh thị giác truyền thông tin nhanh hơn kết nối Internet tốc độ cao. Vì vậy, một kính áp tròng Internet có thể cung cấp khả năng truy cập não bộ nhanh nhất và hiệu quả nhất.

Chiếu hình ảnh lên mắt qua kính áp tròng phức tạp hơn một chút so với kính Internet. Một đèn LED có thể tạo ra một chấm ánh sáng, hay điểm ảnh, nhưng bạn phải thêm một thấu kính vi mô để nó hội tụ trực tiếp lên võng mạc. Hình ảnh cuối cùng có thể hiện lên cách bạn nửa mét. Một thiết kế tiên tiến hơn mà Parviz đang xem xét là sử dụng laser hiển vi để gửi hình ảnh siêu nét trực tiếp lên võng mạc. Với cùng công nghệ khắc bóng bán dẫn siêu nhỏ trong ngành công nghiệp chip, người ta cũng có thể khắc thiết bị laser nhỏ xíu có cùng kích thước, tạo ra các thiết bị laser nhỏ nhất trên thế giới. Laser với kích thước khoảng 100 nguyên tử có thể được tạo ra bằng công nghệ này.

Giống như bóng bán dẫn, bạn có thể hình dung gói hàng triệu laser vào một con chip có kích thước bằng móng tay.

Ô TÔ KHÔNG NGƯỜI LÁI

Trong tương lai gần, bạn cũng sẽ có thể an toàn lướt mạng qua kính áp tròng khi lái xe. Đi làm sẽ không còn mệt mỏi nữa nhờ những chiếc xe ô tô tự lái. Hiện tại, xe ô tô không người lái sử dụng GPS để xác định vị trí trong khoảng một mét, có thể lái xe qua hàng trăm cây số. Cơ quan Dự án Nghiên cứu Quốc phòng Tiên tiến của Lầu Năm Góc (DARPA) đã tài trợ cuộc thi DARPA Grand Challenge, trong đó các phòng thí nghiệm đưa ô tô không người lái tham gia đua xe trên sa mạc Mojave để nhận giải thưởng trị giá một triệu USD. DARPA đang kế tục truyền thống tài trợ các dự án rủi ro nhưng đóng vai trò công nghệ của tương lai.

(Một số ví dụ về các dự án Lầu Năm Góc là Internet, ban đầu được thiết kế để kết nối các nhà khoa học và công chức trong và sau chiến tranh hạt nhân, và hệ thống GPS, lúc đầu được thiết kế để dẫn đường cho tên lửa ICBM. Nhưng sau Chiến tranh Lạnh, cả Internet và GPS đều được công bố đại chúng.)

Năm 2004, cuộc thi đã có khởi đầu trắc trở, khi không một chiếc xe ô tô không người lái nào đi được 250 km địa hình gồ ghề và cán đích. Những chiếc xe robot đều bị hỏng hoặc bị lạc. Nhưng năm sau, năm chiếc xe đã hoàn thành một chặng đường khó hơn. Chúng phải đi trên chặng đường có 100 lượt rẽ ngoặt, ba đường hầm hẹp và dốc hai bên.

Một số nhà phê bình cho rằng xe robot có thể đi trên sa mạc nhưng không thể đi trong phố. Vì vậy, năm 2007, DARPA đã tài trợ cho một dự án đầy tham vọng hơn nữa, có tên Thử thách Đô thị, cho những chiếc xe robot hoàn thành chặng đường 100 km đầy khó khăn qua một đô thị giả định trong vòng chưa đầy sáu giờ. Xe phải tuân thủ luật giao thông, tránh những chiếc xe robot khác trong chặng và đi qua

các ngã tư. Có sáu đội đã hoàn thành, với ba đội đứng đầu được nhận giải thưởng trị giá hai triệu đô la, một triệu đô la và 500.000 đô la.

Mục tiêu của Lầu Năm Góc là đến năm 2015, một phần ba lực lượng mặt đất của Mỹ sẽ được trang bị xe tự động. Đây có thể là một công nghệ cứu sinh, vì gần đây hầu hết thương vong ở Mỹ là do bom ven đường. Trong tương lai, nhiều xe quân sự Mỹ sẽ không có tài xế. Nhưng đối với người tiêu dùng, công nghệ này có nghĩa là xe tự lái bằng một nút bấm, cho phép người lái xe làm việc, thư giãn, ngắm cảnh, xem phim hoặc lướt mạng.

Tôi từng được lái loại xe này trong một chương trình chuyên đề cho kênh Discovery. Đó là một chiếc xe thể thao bóng bẩy, được các kỹ sư tại Đại học Bắc Carolina sửa đổi để trở nên hoàn toàn tự động. Máy tính của nó có công suất tương đương tám máy tính cá nhân. Bước vào xe là cả một vấn đề, vì bên trong khá chật. Ở khắp mọi nơi bên trong xe, tôi có thể thấy các linh kiện điện tử tinh vi chất đống trên ghế và bảng điều khiển. Khi nắm tay lái, tôi thấy có một sợi cáp cao su đặc biệt kết nối với một động cơ nhỏ. Một chiếc máy tính sau đó có thể xoay vô lăng bằng cách điều khiển động cơ.

Sau khi bật chìa khóa, nhấn ga và lái xe lên đường cao tốc, tôi bật chế độ tự lái. Tôi thả tay ra và chiếc xe tự đi. Tôi hoàn toàn tin tưởng vào chiếc xe, hệ thống máy tính liên tục thực hiện các điều chỉnh nhỏ thông qua cáp cao su trên vô lăng. Lúc đầu, có hơi kỳ lạ khi thấy tay lái và chân ga tự di chuyển. Cảm giác như có một người lái xe vô hình, ma quái đã tiếm quyền kiểm soát, nhưng dần dần tôi bắt đầu quen với nó. Sau đó tôi thấy khá thư giãn trong một chiếc xe tự lái với độ chính xác và kỹ năng siêu phàm. Tôi có thể ung dung tận hưởng chuyến đi.

Trái tim của chiếc xe không người lái là hệ thống GPS, cho phép máy tính tự định vị trong khoảng một mét. (Các kỹ sư có lần nói với tôi, hệ thống GPS có thể xác định vị trí của chiếc xe trong vòng 10 cm). Hệ thống GPS là một kỳ quan công nghệ hiện đại. Mỗi trong số 32 vệ tinh GPS quay quanh Trái đất phát ra một sóng vô tuyến đặc trưng,

được hệ thống GPS đặt trong xe thu lại. Tín hiệu từ mỗi vệ tinh hơi lệch do chúng di chuyển theo các quỹ đạo hơi khác nhau. Sự thay đổi này được gọi là dịch chuyển Doppler. (Ví dụ, sóng vô tuyến được nén nếu vệ tinh di chuyển về phía bạn và được kéo dài nếu nó di chuyển ra xa bạn.) Bằng cách phân tích sự thay đổi tần số từ ba hoặc bốn vệ tinh, máy tính có thể xác định chính xác vị trí chiếc xe.

Xe cũng có radar trong chắn bùn để nhận biết chướng ngại vật. Điều này rất quan trọng trong tương lai, vì mỗi chiếc xe sẽ tự động thực hiện các biện pháp khẩn cấp khi phát hiện nguy hiểm. Hằng năm có gần 40.000 ca tử vong vì tai nạn xe hơi ở Mỹ. Trong tương lai, cụm từ *tai nạn xe hơi* có thể dần biến mất khỏi vốn từ vựng.

Ùn tắc giao thông cũng có thể trở thành quá khứ. Một máy tính trung tâm sẽ có thể theo dõi mọi chuyển động của mỗi chiếc xe không người lái trên đường bằng cách liên lạc với từng chiếc. Sau đó nó sẽ dễ dàng phát hiện ách tắc giao thông và tắc nghẽn trên đường cao tốc. Trong một thử nghiệm ở phía bắc San Diego trên Xa lộ Liên tiểu bang 15, các con chip được đặt trên đường để nhờ đó, một máy tính trung tâm nắm quyền kiểm soát xe đang lưu thông. Trong trường hợp kẹt xe, máy tính sẽ ghi đè lên trình điều khiển và cho phép lưu thông tự do.

Chiếc xe của tương lai cũng sẽ có thể phát hiện được những nguy hiểm khác. Hàng ngàn người đã qua đời hoặc bị thương do tai nạn khi người lái xe buồn ngủ, đặc biệt là vào ban đêm hoặc trên các chuyến đi dài. Máy tính ngày nay có thể tập trung vào mắt bạn và nhận ra dấu hiệu của cơn buồn ngủ. Máy tính được lập trình để tạo ra âm thanh và đánh thức bạn. Nếu điều này không thành công, máy tính sẽ thay bạn lái xe. Máy tính cũng có thể đo lượng cồn, giúp giảm hàng nghìn ca tử vong liên quan đến rượu xảy ra hằng năm.

Chuyển sang xe thông minh không phải chuyện một sớm một chiều. Đầu tiên, quân đội sẽ triển khai các phương tiện này và xử lý lỗi. Sau đó, xe robot sẽ xâm nhập vào thị trường, xuất hiện đầu tiên trên những tuyến đường dài, nhàm chán của xa lộ liên tiểu bang. Tiếp theo,

chúng sẽ xuất hiện ở vùng ngoại ô và thành phố lớn, nhưng người lái xe sẽ luôn có khả năng lái thay máy tính trong trường hợp khẩn cấp. Rồi chúng ta sẽ phải tự hỏi làm sao sống được nếu thiếu xe tự lái.

MÀN HÌNH TRÊN BỐN BỨC TƯỜNG

Máy tính sẽ không chỉ làm giảm căng thẳng đi lại và giảm tai nạn xe hơi, chúng cũng sẽ giúp chúng ta kết nối với bạn bè và người quen. Trước đây, có người đã chỉ trích cuộc cách mạng máy tính là vô nhân đạo và cô lập con người. Trên thực tế, nó giúp ta mở rộng quan hệ bạn bè và người quen theo cấp số nhân. Khi cô đơn hay cần có ai đó bên cạnh, bạn sẽ chỉ cần yêu cầu màn hình tường thiết lập một đầu cầu trò chơi nối với người cùng cảnh ngộ ở bất cứ đâu trên thế giới. Khi muốn được trợ giúp lập kế hoạch nghỉ ngơi, tổ chức một chuyến đi hoặc hẹn hò, bạn sẽ thực hiện thông qua màn hình tường.

Trong tương lai, đầu tiên sẽ có một khuôn mặt thân thiện xuất hiện trên màn hình tường (bạn có thể thay đổi khuôn mặt này theo sở thích). Bạn sẽ yêu cầu nó lên kế hoạch cho một kỳ nghỉ. Nó đã biết sở thích của bạn và sẽ lướt mạng rồi cung cấp danh sách các lựa chọn tốt nhất, với mức giá hợp lý nhất.

Các buổi họp mặt gia đình cũng có thể diễn ra thông qua màn hình tường. Bốn bức tường phòng khách nhà bạn đều có màn hình nên hình ảnh của người thân phương xa sẽ bao quanh bạn. Giả dụ một người họ hàng không thể đến thăm bạn vào một dịp quan trọng. Cả gia đình sẽ tụ tập xung quanh màn hình tường và ăn mừng, buổi đoàn tụ ấy sẽ gồm một phần thực và một phần ảo. Hoặc, qua kính áp tròng, bạn có thể nhìn thấy hình ảnh của tất cả người thân yêu như thể họ đang thực sự ở đó, mặc dù họ ở cách xa bạn hàng ngàn cây số. (Một số nhà bình luận đã nhận xét rằng Internet ban đầu được hình thành như một thiết bị "male" của Lầu Năm Góc, liên quan đến việc thống trị kẻ thù trong thời chiến. Nhưng Internet ngày nay chủ yếu là "female", vươn ra ngoài và chạm vào ai đó.)

Hội thảo qua mạng (teleconference) sẽ được thay thế bằng hình ảnh qua mạng (telepresence) – hình ảnh 3-D và giọng nói của một người sẽ xuất hiện trong kính hoặc kính áp tròng. Ví dụ, tại một cuộc họp, mọi người sẽ ngồi quanh bàn, ngoại trừ một số người tham gia sẽ chỉ xuất hiện trong kính của bạn. Nếu không đeo kính, bạn sẽ thấy một số ghế trống. Khi đeo kính, bạn thấy hình ảnh của tất cả mọi người ngồi trên ghế như thể họ đang ở đó. (Thực tế có một máy ảnh đặc biệt quay phim tất cả những người tham gia họp xung quanh một cái bàn tương tự và sau đó gửi hình ảnh qua Internet.)

Trong bộ phim *Star War* (Chiến tranh giữa các vì sao), khán giả sửng sốt khi thấy hình ảnh 3-D của con người xuất hiện trong không khí. Nhưng bằng cách sử dụng công nghệ máy tính, chúng ta sẽ có thể xem những hình ảnh 3-D này trong kính áp tròng, kính hoặc màn hình tường trong tương lai.

Ban đầu, có vẻ lạ khi nói chuyện với một căn phòng trống. Nhưng hãy nhớ, khi điện thoại lần đầu xuất hiện, một số người đã chỉ trích nó rằng mọi người sẽ nói chuyện với những giọng nói kỳ quái. Họ than vãn rằng nó dần dần thay thế sự tiếp xúc trực tiếp giữa người với người. Họ đã đúng, nhưng ngày nay chúng ta không ngại nói với những giọng nói kỳ quái ấy, bởi nó giúp mở rộng quan hệ và làm phong phú cuộc sống chúng ta.

Công nghệ này cũng có thể thay đổi đời sống tình cảm của bạn. Nếu bạn cô đơn, màn hình tường sẽ hiểu gu của bạn và các đặc điểm tính cách, ngoại hình của người bạn muốn hẹn hò, sau đó quét Internet để tìm đối tượng phù hợp. Và vì đôi khi mọi người không thành thực trong hồ sơ, nên như một biện pháp an ninh, màn hình sẽ tự động quét lịch sử của từng người để phát hiện chỗ khai man.

GIẤY ĐIỆN TỬ LINH HOẠT

Giá của ti vi màn hình phẳng có lúc hơn 10.000 đô la, đã giảm xuống khoảng 50 lần chỉ trong vòng một thập kỷ. Trong tương lai, giá màn

hình phẳng bao phủ toàn bộ bức tường cũng sẽ giảm đáng kể. Những màn hình tường này sẽ linh hoạt và siêu mỏng, sử dụng OLED (điốt phát quang hữu cơ). Chúng tương tự như điốt phát quang thông thường, ngoại trừ việc dựa trên các hợp chất hữu cơ sắp xếp trong một polymer, khiến chúng linh hoạt. Mỗi điểm ảnh trên màn hình linh hoạt được kết nối với một bóng bán dẫn điều khiển màu sắc và cường độ của ánh sáng.

Các nhà khoa học tại Trung tâm Hiển thị Linh hoạt của Đại học bang Arizona đang hợp tác với Hewlett-Packard và quân đội Mỹ để hoàn thiện công nghệ này. Lực thị trường sẽ giảm chi phí của công nghệ này và đưa nó đến với công chúng. Khi ấy, giá của màn hình tường có thể gần như giá giấy dán tường. Vì vậy, trong tương lai, khi sử dụng giấy dán tường, người ta cũng có thể dùng luôn màn hình treo tường. Khi muốn đổi hình trên giấy dán tường, chúng ta chỉ cần nhấn một nút. Việc trang trí lại trở nên vô cùng đơn giản.

Công nghệ màn hình linh hoạt này cũng có thể cách mạng hóa cách chúng ta tương tác với máy tính xách tay. Chúng ta sẽ không cần phải xách những chiếc máy nặng nề. Máy tính xách tay có thể là một tấm OLED đơn giản, gấp gọn vào trong ví. Một chiếc điện thoại di động chứa màn hình linh hoạt có thể được kéo ra, giống như một cuộn giấy. Sau đó, thay vì căng thẳng gõ trên bàn phím nhỏ xíu của điện thoại di động, bạn có thể kéo ra một màn hình linh hoạt lớn như mong muốn.

Công nghệ này cũng làm cho màn hình máy tính cá nhân trở nên hoàn toàn trong suốt. Trong tương lai gần, ta có thể nhìn chằm chằm ra ngoài cửa sổ, khoát tay và đột nhiên cửa sổ biến thành màn hình máy tính cá nhân. Hoặc thành bất kỳ hình ảnh nào ta mong muốn. Chúng ta có thể nhìn thấy cảnh tượng cách ta hàng ngàn cây số qua cửa sổ.

Ngày nay, chúng ta thường viết nguệch ngoạc lên giấy nháp rồi vứt đi. Trong tương lai, chúng ta có thể có "máy tính nháp", những

máy tính này không có đặc điểm nhận dạng cụ thể. Chúng ta viết nguệch ngoạc lên đó và bỏ chúng đi. Ngày nay, trong các văn phòng, máy tính thường được đặt xung quanh bàn làm việc hay các đồ nội thất. Trong tương lai, máy tính để bàn có thể biến mất và các tập tin sẽ di chuyển theo chúng ta từ nơi này sang nơi khác, từ phòng này sang phòng khác, hoặc từ văn phòng về đến tậnnhà. Điều này sẽ cung cấp cho chúng ta thông tin liền mạch ở mọi lúc, mọi nơi. Ngày nay tại sân bay, bạn nhìn thấy hàng trăm du khách mang theo máy tính xách tay. Khi ở khách sạn, họ phải kết nối với Internet; và trở về nhà, họ phải tải các tập tin vào máy tính để bàn. Trong tương lai, bạn sẽ không bao giờ cần phải xách theo máy tính vì mọi thứ (bức tường, hình ảnh, đồ nội thất...) đều có thể kết nối bạn với Internet, ngay cả khi bạn đang ở trên tàu hay xe ô tô. (Ví dụ đầu tiên là "điện toán đám mây", khi bạn nhận được hóa đơn không phải cho máy tính mà là cho thời gian sử dụng máy tính, coi việc tính toán cũng giống như một tiện ích được đo lường như nước hoặc điện).

THẾ GIỚI ẢO

Mục tiêu của phổ cập tin học là đưa máy tính vào thế giới con người: đưa chip tới mọi nơi. Mục đích của thế giới ảo lại ngược lại: đưa con người vào thế giới của máy tính. Thế giới ảo lần đầu tiên được quân đội giới thiệu trong những năm 1960 dùng để đào tạo phi công và binh sĩ qua mô phỏng. Phi công có thể thực hành hạ cánh trên boong tàu sân bay bằng cách xem màn hình máy tính và di cần điều khiển. Trong trường hợp chiến tranh hạt nhân, các tướng lĩnh và nhà lãnh đạo từ các địa điểm cách xa nhau có thể gặp gỡ bí mật trong không gian mạng.

Ngày nay, với công suất máy tính đang mở rộng theo hàm mũ, người ta có thể sống trong một thế giới mô phỏng, nơi bạn có thể điều khiển hình thế thân (một hình ảnh động đại diện cho bạn). Bạn có thể gặp các hình thế thân khác, khám phá thế giới tưởng tượng, thậm chí yêu và kết hôn. Bạn cũng có thể mua các vật phẩm ảo bằng tiền ảo mà

sau đó có thể chuyển thành tiền thật. Một trong những trang web phổ biến nhất, Second Life, có 16 triệu tài khoản đăng ký vào năm 2009. Năm đó, nhiều người kiếm được hơn một triệu đô la mỗi năm nhờ sử dụng Second Life. (Tuy nhiên, lợi nhuận bạn tạo ra vẫn phải chịu thuế của chính phủ Hoa Kỳ, do đó được coi là thu nhập thực).

Thế giới ảo đã trở thành yếu tố chính của trò chơi điện tử. Trong tương lai khi công suất máy tính tiếp tục mở rộng, thông qua kính hoặc màn hình tường, bạn có thể truy cập vào thế giới ảo. Ví dụ, nếu muốn đi mua sắm hoặc ghé thăm một nơi mới, bạn có thể thực hiện trước thông qua thế giới ảo, lướt màn hình máy tính như thể bạn đang thực sự ở đó. Bằng cách này, bạn sẽ có thể đi bộ trên Mặt trăng, đi nghỉ trên Hỏa Tinh, mua sắm ở các nước khác, ghé thăm bất kỳ bảo tàng nào và tự quyết định nơi đến.

Đến một mức độ nào đó, bạn cũng sẽ có khả năng cảm nhận và chạm vào các đối tượng trong thế giới ảo. Đây gọi là "công nghệ xúc giác" cho phép bạn cảm nhận sự hiện diện của các đối tượng được tạo ra từ máy tính. Công nghệ này lần đầu tiên được phát triển bởi các nhà khoa học xử lý vật liệu phóng xạ với cánh tay robot điều khiển từ xa và bởi quân đội, để phi công cảm nhận được sức cản của cần điều khiển trong mô phỏng bay.

Để mô phỏng cảm giác chạm, các nhà khoa học đã tạo ra một thiết bị gắn liền với lò xo và bánh răng, do đó khi bạn đẩy ngón tay về phía trước trên thiết bị, nó bật lại, mô phỏng cảm giác áp lực. Ví dụ, khi bạn di chuyển các ngón tay trên bàn, thiết bị này có thể mô phỏng cảm giác cảm nhận bề mặt gỗ cứng. Bằng cách này, bạn có thể cảm thấy sự hiện diện của các vật thể hiện ra trong kính thế giới ảo, cho bạn cảm giác đang ở đâu đó khác.

Để tạo cảm nhận kết cấu, một thiết bị chứa hàng nghìn *pin* nhỏ xíu cho phép ngón tay bạn lướt qua một bề mặt. Khi di chuyển ngón tay, máy tính sẽ điều khiển chiều cao của mỗi *pin*, mô phỏng kết cấu bề mặt cứng, vải nhung hoặc giấy nhám thô. Trong tương lai, bằng cách

đeo găng tay đặc biệt, ta sẽ có cảm giác thực khi chạm vào nhiều vật thể và bề mặt khác nhau.

Công nghệ này sẽ rất cần thiết cho việc đào tạo bác sĩ phẫu thuật trong tương lai, vì bác sĩ phẫu thuật cần cảm nhận được áp lực khi thực hiện những ca phẫu thuật tinh xảo và bệnh nhân có thể là hình ảnh toàn ký ba chiều. Nó cũng đưa chúng ta đến gần hơn với thiết bị holodeck[1] trong phim *Du hành giữa các vì sao*, nơi bạn đi lang thang trong một thế giới ảo và chạm vào vật thể ảo. Khi đi quanh một căn phòng trống, bạn có thể thấy các vật thể trong kính bảo hộ hoặc kính áp tròng. Khi vươn tay ra với, một thiết bị xúc giác nhô lên từ sàn nhà và mô phỏng đồ vật bạn đang chạm vào.

Tôi từng được chứng kiến trực tiếp những công nghệ này khi đến thăm CAVE (viết tắt của Cave Automatic Virtual Environment – Hộp môi trường ảo tự động) tại Đại học Rowan ở New Jersey cho Kênh Science. Tôi bước vào một căn phòng trống, được bao quanh bởi bốn bức tường, mỗi bức tường được chiếu sáng bởi một máy chiếu. Hình ảnh 3-D có thể được chiếu lên tường, tạo ảo giác về việc được chuyển đến một thế giới khác. Trong một bản chiếu thử, bao quanh tôi là những con khủng long khổng lồ hung dữ. Bằng cách di cần điều khiển, tôi có thể cưỡi trên lưng con Tyrannosaurus rex, thậm chí đi thẳng vào miệng nó. Sau đó, tôi đến thăm Aberdeen Proving Ground ở Maryland, nơi quân đội Mỹ đã phát minh ra phiên bản holodeck tiên tiến nhất. Cảm biến được đặt trên mũ bảo hiểm và ba lô của tôi, vì vậy máy tính biết chính xác vị trí tôi đứng. Sau đó tôi đi bộ trên một máy chạy bộ đa hướng, chiếc máy tinh vi này cho phép bạn đi theo bất kỳ hướng nào trong khi vẫn đứng nguyên một chỗ. Đột nhiên tôi ở giữa chiến trường, né làn đạn từ tay súng bắn tỉa của đối phương. Tôi có thể chạy theo bất kỳ hướng nào, trốn trong bất kỳ con hẻm nào, chạy nước rút

---

1. Holodeck là một thiết bị trong bộ phim *Du hành giữa các vì sao* có khả năng tạo ra hình ảnh 3-D từ con người và đồ vật trong không gian xung quanh. (ND)

xuống bất kỳ đường phố nào và hình ảnh 3-D trên màn hình thay đổi ngay lập tức. Tôi thậm chí có thể nằm thẳng trên sàn nhà và màn hình thay đổi tương ứng. Trong tương lai, bạn sẽ có thể trải nghiệm cảm giác đắm chìm hoàn toàn, ví dụ: tham gia vào các cuộc không chiến với phi thuyền không gian của người ngoài hành tinh, chạy trốn quái vật hung dữ hoặc vui đùa trên một hòn đảo hoang vắng, tất cả đều diễn ra khi bạn đang ngồi thoải mái trong phòng khách.

CHĂM SÓC Y TẾ TRONG TƯƠNG LAI GẦN

Chuyện đi khám bệnh sẽ hoàn toàn thay đổi. "Bác sĩ" của bạn có thể là một chương trình phần mềm robot xuất hiện trên màn hình tường và có thể chẩn đoán chính xác tới 95% các bệnh thông thường. "Bác sĩ" của bạn có thể trông giống một người, nhưng thực ra là một hình ảnh động được lập trình để hỏi một số câu hỏi đơn giản. "Bác sĩ" của bạn cũng sẽ có một bản ghi đầy đủ về gen của bạn và sẽ đề xuất một liệu trình điều trị y tế có tính đến tất cả các yếu tố di truyền.

Để chẩn bệnh, "bác sĩ" sẽ yêu cầu bạn đưa một đầu dò đơn giản trên cơ thể. Trong loạt phim *Du hành giữa các vì sao* bản gốc, công chúng sửng sốt khi thấy một thiết bị gọi là tricorder có thể chẩn đoán ngay lập tức bất kỳ bệnh nào bên trong cơ thể. Nhưng bạn không cần phải chờ đợi đến thế kỷ 23 để có thiết bị tương lai này. Máy quét MRI, trước đây nặng hàng tấn với kích thước choán hết một căn phòng, đã được thu nhỏ còn khoảng 30 cm, và cuối cùng sẽ nhỏ như một chiếc điện thoại di động. Bằng cách quét qua cơ thể, bạn sẽ có thể nhìn thấy các cơ quan bên trong. Máy tính sẽ xử lý các hình ảnh 3-D này và chẩn đoán. Đầu dò này cũng sẽ có thể xác định trong vòng vài phút sự hiện diện của một loạt các bệnh, bao gồm ung thư, nhiều năm trước khi một khối u hình thành. Đầu dò này sẽ chứa các chip ADN bằng silic có hàng triệu cảm biến nhỏ phát hiện dấu vết ADN trong nhiều bệnh.

Tất nhiên, nhiều người ghét đi khám. Nhưng trong tương lai, sức khỏe của bạn sẽ được âm thầm và dễ dàng theo dõi nhiều lần trong

ngày mà bạn không biết. Nhà vệ sinh, gương phòng tắm và quần áo sẽ gắn chip ADN âm thầm xác định xem bạn có tế bào ung thư đang phát triển trong cơ thể hay không với độ nhạy chỉ vài trăm tế bào. Bạn sẽ có nhiều cảm biến ẩn trong phòng tắm và quần áo hơn cả số cảm biến trong một bệnh viện hiện đại hoặc trường đại học ngày nay. Ví dụ, chỉ cần thổi vào gương, có thể phát hiện ADN của một protein đột biến tên là p53, liên quan đến 50% các bệnh ung thư thông thường. Điều này có nghĩa là từ *khối u* sẽ dần dần biến mất khỏi ngôn ngữ.

Ngày nay, nếu gặp tai nạn xe hơi nghiêm trọng trên đường vắng, bạn có thể bị chảy máu đến chết. Nhưng trong tương lai, quần áo và xe hơi của bạn sẽ tự động phản ứng với dấu hiệu chấn thương đầu tiên, gọi xe cứu thương, xác định vị trí xe, tải lên toàn bộ lịch sử y tế, trong khi bạn bất tỉnh. Trong tương lai, sẽ rất khó để chết một mình. Quần áo của bạn sẽ có thể cảm nhận được bất kỳ sự bất thường nào trong nhịp tim, hơi thở và thậm chí là sóng não bằng các con chip nhỏ xíu được dệt vào vải. Cứ mỗi khi mặc quần áo vào là bạn đã lên mạng rồi.

Ngày nay, có thể đặt một con chip vào viên thuốc cỡ viên aspirin, tích hợp máy ảnh và máy phát sóng. Khi nuốt vào, "viên thuốc thông minh" sẽ chụp hình ảnh cuống họng và ruột, rồi phát tín hiệu đến máy thu lân cận. Nhờ đó, các bác sĩ có thể chụp ảnh ruột của bệnh nhân và phát hiện ung thư mà không cần phải thực hiện nội soi đại tràng (rất bất tiện vì phải đưa một ống dài hai mét vào ruột già). Các thiết bị vi mô như thế này cũng sẽ dần dần giảm việc phải cắt da để phẫu thuật.

Đây chỉ là một ví dụ để thấy sức ảnh hưởng của cuộc cách mạng hóa máy tính đến đời sống con người. Chúng ta sẽ thảo luận chi tiết về cuộc cách mạng này trong y tế ở Chương 3 và Chương 4, với vấn đề về gen trị liệu, nhân bản và tăng tuổi thọ con người.

SỐNG TRONG THẾ GIỚI CỔ TÍCH

Do máy tính thông minh sẽ rất rẻ và phổ biến, một số nhà tương lai học đã nhận xét tương lai có thể giống như một câu chuyện cổ tích. Nếu

chúng ta có sức mạnh của các vị thần, thì thiên đường chúng ta sống sẽ giống như một thế giới tưởng tượng. Chẳng hạn trong tương lai, Internet trở thành tấm gương thần trong truyện Bạch Tuyết. Chúng ta sẽ nói "Gương kia ngự ở trên tường" và một khuôn mặt thân thiện xuất hiện, cho phép chúng ta tiếp cận với tri thức thế giới. Chúng ta sẽ đặt chip vào trong đồ chơi, khiến chúng thông minh, như chú rối gỗ Pinocchio muốn trở thành một cậu bé thực sự. Giống như Pocahontas, chúng ta sẽ nói chuyện với gió và cây cối và chúng sẽ đáp lời. Chúng ta sẽ thấy mọi sự vật đều có tri giác và có thể nói chuyện với chúng.

Vì máy tính sẽ có thể xác định được nhiều gen kiểm soát quá trình lão hóa, chúng ta có thể sẽ trẻ mãi như Peter Pan. Chúng ta sẽ có thể làm chậm lại và đảo ngược quá trình lão hóa, giống như các cậu bé ở Neverland, những người không bao giờ lớn. Thực tế tăng cường sẽ cho ta ảo tưởng rằng, giống như Lọ Lem, ta đến một buổi dạ tiệc tưởng tượng trong cung điện và duyên dáng khiêu vũ với bạch mã hoàng tử. (Nhưng đến nửa đêm, thực tế tăng cường sẽ tắt, đưa ta về thực tại.) Nhờ máy tính biết được các gen mã hóa cơ thể, chúng ta có thể tái cấu trúc cơ thể, thay thế các cơ quan và thay đổi diện mạo, ngay cả ở mức độ di truyền, giống như quái thú trong "Người Đẹp và Quái Vật".

Một số nhà tương lai học thậm chí còn sợ rằng điều này có thể dẫn đến sự trở lại với chủ nghĩa thần bí của thời Trung Cổ, khi hầu hết mọi người tin rằng có những linh hồn vô hình sống xung quanh.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

HỒI KẾT CỦA ĐỊNH LUẬT MOORE

Chúng ta tự hỏi: Cuộc cách mạng máy tính này kéo dài bao lâu? Nếu định luật Moore đúng với 50 năm nữa, thì máy tính sẽ nhanh chóng vượt quá công suất tính toán của bộ não con người. Đến giữa thế kỷ, một dòng chảy mới diễn ra. Như George Harrison đã từng nói: "Tất cả

mọi thứ rồi cũng qua." Ngay cả định luật Moore cũng phải kết thúc, và sự gia tăng ngoạn mục của công suất máy tính đã thúc đẩy tăng trưởng kinh tế trong nửa thế kỷ qua.

Ngày nay, chúng ta mặc định và tin rằng mình có quyền sở hữu các sản phẩm máy tính với công suất và độ phức tạp ngày càng tăng. Đây là lý do mỗi năm chúng ta mua máy tính mới với công suất gấp đôi mô hình của năm ngoái. Nhưng nếu định luật Moore sụp đổ – và mọi thế hệ máy tính đều có cùng công suất và tốc độ như thế hệ trước – thì tại sao lại phải mua máy tính mới?

Khi chip được gắn phổ biến trong các sản phẩm, nền kinh tế có thể bị đẩy vào thảm trạng. Toàn bộ các ngành công nghiệp sẽ từ từ chững lại, hàng triệu lao động có thể mất việc làm và nền kinh tế có thể rơi vào tình trạng hỗn loạn.

Nhiều năm trước, khi chúng tôi, các nhà vật lý, chỉ ra sự sụp đổ không thể tránh khỏi của định luật Moore, theo truyền thống, ngành công nghiệp máy tính coi đó là dự đoán điên rồ, ngụ ý rằng đó như một trò đùa. Họ cho rằng sự kết thúc của định luật Moore đã được dự đoán rất nhiều lần, rằng họ chỉ đơn giản là không tin điều đó.

Nhưng mọi thứ đã thay đổi.

Hai năm trước, tôi dự một hội nghị với tư cách là diễn giả chính do Microsoft tổ chức tại trụ sở chính của họ ở Seattle, Washington. Ba nghìn kỹ sư hàng đầu của Microsoft đã có mặt, chờ đợi nghe tôi nói về tương lai của máy tính và viễn thông. Nhìn vào đám đông khổng lồ, tôi có thể thấy khuôn mặt của các kỹ sư trẻ đầy nhiệt huyết, những người tạo ra các chương trình chạy trên máy tính để bàn và máy tính xách tay. Tôi đã đưa ra dự đoán về định luật Moore và nói rằng ngành công nghiệp phải chuẩn bị cho sự sụp đổ này. Một thập kỷ trước đó, tôi có thể đã phải nhận một tràng cười hoặc một vài tiếng cười thầm. Nhưng lần này tôi thấy hết thảy gật gù.

Như vậy, sự sụp đổ của định luật Moore là một vấn đề tầm cỡ quốc tế, với hàng tỷ tỷ đô la bị đe dọa. Nhưng chính xác nó sẽ kết thúc

như thế nào và định luật nào sẽ thay thế phụ thuộc vào các định luật vật lý. Đáp án cho những câu hỏi này cuối cùng sẽ làm rung chuyển cấu trúc kinh tế của chủ nghĩa tư bản.

Để hiểu tình trạng này, điều quan trọng là nhận ra thành quả ấn tượng của cuộc cách mạng máy tính dựa trên một số nguyên lý vật lý. Đầu tiên, máy tính có tốc độ nhanh do các tín hiệu điện di chuyển gần tốc độ ánh sáng, đó là tốc độ tối ưu trong vũ trụ. Trong một giây, một chùm ánh sáng có thể di chuyển vòng quanh thế giới bảy lần hoặc tới Mặt trăng. Các electron cũng dễ dàng di chuyển quanh hạt nhân (và có thể được dịch chuyển chỉ bằng cách chải tóc, đi qua tấm thảm hoặc giặt đồ – đó là lý do tại sao chúng ta có sự bám dính của các vật nhẹ do tĩnh điện). Sự kết hợp của các electron bị lỏng lẻo và tốc độ khổng lồ của chúng cho phép gửi tín hiệu điện với tốc độ chớp nhoáng, tạo ra cuộc cách mạng điện trong thế kỷ qua.

Thứ hai, hầu như không có giới hạn về lượng thông tin bạn có thể đặt trên một chùm tia laser. Do sóng ánh sáng rung động nhanh hơn nhiều so với sóng âm, ánh sáng có thể mang nhiều thông tin hơn âm thanh. (Ví dụ, hãy kéo một sợi dây dài và sau đó rung nhanh một đầu. Bạn càng rung nhanh, càng có nhiều tín hiệu được gửi dọc theo sợi dây. Do đó, khi bạn rung càng nhanh thì lượng thông tin bạn có thể nhồi nhét lên sóng sẽ càng tăng do tần số dao động tăng.) Ánh sáng rung khoảng 10^{14} chu kỳ mỗi giây (là số 1 với 14 số không sau nó). Phải mất nhiều chu kỳ để truyền tải một bit thông tin (1 hoặc 0). Cáp quang có thể truyền tải khoảng 10^{11} bit thông tin trên một tần số đơn. Và con số này có thể được tăng lên bằng cách nhồi nhét nhiều tín hiệu vào một sợi quang đơn và sau đó bó các sợi này vào một sợi cáp. Điều này có nghĩa là bằng cách tăng số lượng các kênh trong một cáp và sau đó tăng số lượng cáp, hầu như không có giới hạn nào trong truyền tải thông tin.

Thứ ba, và quan trọng nhất, cuộc cách mạng máy tính được thúc đẩy bởi việc thu nhỏ bóng bán dẫn. Bóng bán dẫn là cổng hoặc công

tắc, điều khiển dòng điện. Nếu ta so sánh mạch điện với hệ thống ống nước, thì bóng bán dẫn giống như van điều khiển dòng nước chảy. Cũng giống như chỉ cần vặn van là có thể điều khiển lượng nước, bóng bán dẫn cho phép một dòng điện nhỏ điều khiển một dòng điện lớn hơn nhiều, do đó khuếch đại công suất dòng.

Trung tâm của cuộc cách mạng này là chip máy tính, có thể chứa hàng trăm triệu bóng bán dẫn trên một miếng silic có kích thước bằng móng tay. Bên trong máy tính xách tay có một con chip chứa bóng bán dẫn mà chỉ thấy được dưới kính hiển vi. Những bóng bán dẫn cực kỳ nhỏ này được tạo ra giống như cách in áo phông.

Áo phông in mẫu được sản xuất hàng loạt bằng cách tạo ra một khuôn tô viền mẫu. Sau đó, đặt khuôn lên trên vải và phun sơn. Lớp sơn thấm vào vải qua những khoảng trống trên khuôn. Khi lấy khuôn ra, ta sẽ có bản sao hoàn hảo của mẫu trên áo phông.

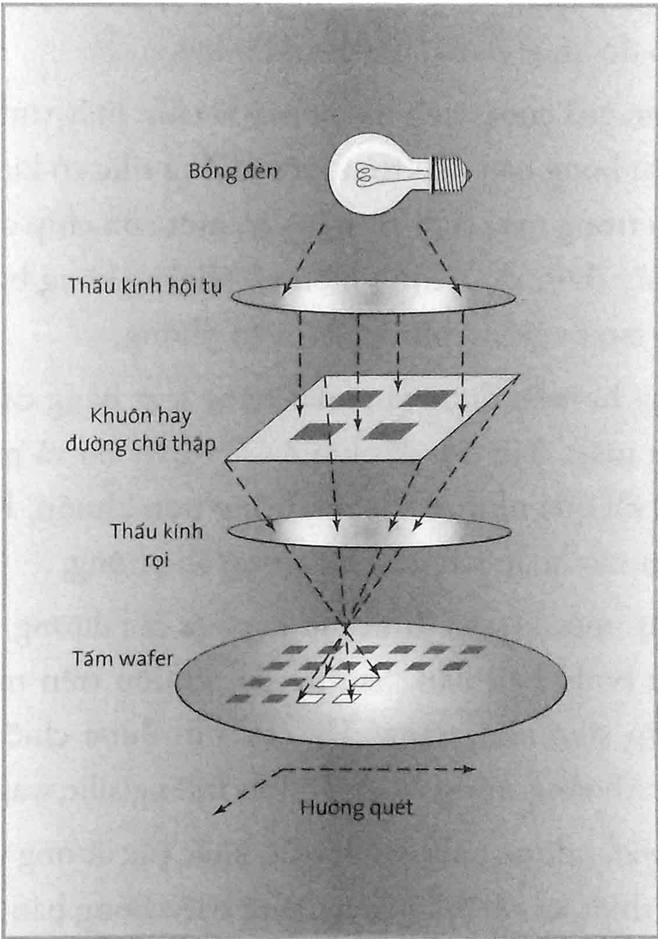
Tương tự, một khuôn được tạo ra chứa các đường viền phức tạp với hàng triệu bóng bán dẫn. Sau đó đặt khuôn trên một tấm wafer chứa nhiều lớp silic nhạy sáng. Tia cực tím được chiếu vào khuôn, xuyên qua các khoảng trống và chiếu vào miếng silic wafer.

Sau đó, wafer được nhúng vào axit, khắc các đường viền của mạch điện và tạo ra thiết kế phức tạp của hàng triệu bóng bán dẫn. Vì wafer bao gồm nhiều lớp dẫn điện và bán dẫn, axit khắc wafer ở các độ sâu và các mẫu khác nhau, nên người ta có thể tạo ra các mạch điện với độ phức tạp cao.

Một lý do khiến định luật Moore không ngừng tăng công suất của chip là vì ánh sáng tia cực tím có thể được điều chỉnh với bước cực nhỏ, nhờ vậy có thể khắc các bóng bán dẫn ngày càng bé lên các tấm silic. Vì ánh sáng tia cực tím có bước sóng nhỏ đến 10 nanomet (một nanomet là một phần tỷ của một mét), có nghĩa là bóng bán dẫn nhỏ nhất mà bạn có thể khắc có kích thước khoảng 30 nguyên tử.

Nhưng quá trình này không thể tiếp tục mãi mãi. Bóng bán dẫn với kích thước nguyên tử sẽ không thể khắc được theo cách này. Bạn

thậm chí có thể tính toán khi nào định luật Moore cuối cùng sẽ sụp đổ: khi cuối cùng bạn cũng tạo ra các bóng bán dẫn có kích thước của các nguyên tử riêng lẻ.



Sự kết thúc của định luật Moore. Chip được tạo ra giống như cách in áo phông. Thay vì phun sơn trên khuôn, ánh sáng tia cực tím hội tụ vào khuôn, đốt một hình ảnh lên lớp silic. Axit sau đó khắc ra hình ảnh, tạo ra hàng trăm triệu bóng bán dẫn. Nhưng quá trình này bị giới hạn khi đạt đến kích thước nguyên tử. Liệu thung lũng Silicon có trở thành một Vành đai Rỉ sét hay không?

Khoảng năm 2020 hoặc ngay sau đó, định luật Moore sẽ dần trở nên phi lý và Thung lũng Silicon có thể từ từ biến thành một Vành đai Rỉ sét trừ khi tìm ra công nghệ thay thế. Theo các định luật vật lý, cuối cùng thì thời đại của Silic sẽ kết thúc, nhường chỗ cho kỷ nguyên hậu-Silic. Bóng bán dẫn sẽ nhỏ đến mức lý thuyết lượng tử hay vật lý

nguyên tử sẽ thoán đoạt và các electron bị rò rỉ ra khỏi dây dẫn. Ví dụ, lớp mỏng nhất bên trong máy tính của bạn sẽ có độ dày khoảng năm nguyên tử. Tại thời điểm đó, theo các định luật vật lý, lý thuyết lượng tử chiếm ưu thế. Nguyên lý bất định Heisenberg nói rằng bạn không thể biết cả vị trí và vận tốc của bất kỳ hạt nào. Điều này nghe có vẻ phản trực giác, nhưng ở cấp độ nguyên tử, bạn chỉ đơn giản là không thể biết được electron ở đâu, vì vậy nó không bao giờ bị giới hạn chính xác trong một dây hoặc lớp siêu mỏng và nó nhất thiết bị rò rỉ, khiến mạch bị chập.

Chúng ta sẽ thảo luận vấn đề này chi tiết hơn trong Chương 4, khi phân tích công nghệ nano. Trong phần còn lại của chương này, chúng ta sẽ giả định các nhà vật lý đã tìm ra công nghệ tiếp nối công nghệ silic, nhưng công suất máy tính dựa trên công nghệ đó phát triển với tốc độ chậm hơn nhiều so với trước đây. Sức mạnh máy tính sẽ có khả năng tiếp tục tăng theo cấp số nhân, nhưng thời gian tăng gấp đôi sẽ không là mười tám tháng mà là nhiều năm.

PHA TRỘN THỰC TẾ VÀ THỰC TẾ ẢO

Cho đến tương lai trung hạn, tất cả chúng ta sẽ sống trong một hỗn hợp của thực tế và thực tế ảo. Trong kính áp tròng hoặc kính, chúng ta sẽ đồng thời xem hình ảnh ảo chồng lên thế giới thực. Đây là dự đoán của Susumu Tachi làm việc tại Đại học Keio, Nhật Bản và nhiều nhà khoa học khác. Ông đang thiết kế những chiếc kính đặc biệt pha trộn giữa hình ảnh tưởng tượng và thực tế. Dự án đầu tiên của ông là làm mọi thứ biến mất trong không khí.

Tôi đến thăm Giáo sư Tachi ở Tokyo và chứng kiến một số thí nghiệm đáng chú ý của ông trong việc pha trộn thực tế và thực tế ảo. Một ứng dụng đơn giản là làm cho đồ vật biến mất (ít nhất là qua kính bảo hộ). Đầu tiên, tôi mặc một chiếc áo mưa màu nâu đặc biệt. Khi tôi dang tay ra, nó giống như một cánh buồm lớn. Sau đó một chiếc máy ảnh hội tụ ánh sáng vào áo mưa và một chiếc máy ảnh thứ hai quay

cảnh vật phía sau tôi, bao gồm xe buýt và xe hơi di chuyển trên đường. Ngay sau đó, máy tính kết hợp hai hình ảnh này, vì vậy hình ảnh phía sau tôi đã lóe lên trên áo mưa, như thể trên màn hình. Nếu nhìn vào một ống kính đặc biệt sẽ thấy cơ thể tôi biến mất, chỉ còn hình ảnh của xe hơi và xe buýt. Vì đầu tôi ở trên áo mưa, nên có vẻ như đầu tôi đang trôi nổi trong không trung, không có thân thể, giống như Harry Potter mặc áo choàng tàng hình.

Giáo sư Tachi cho tôi xem một số kính đặc biệt. Khi đeo chúng, tôi có thể thấy những đồ vật thật và sau đó làm cho chúng biến mất. Đây không phải là tàng hình thật, vì nó chỉ hoạt động nếu bạn đeo kính đặc biệt hợp nhất hai hình ảnh. Tuy nhiên, nó là một phần trong chương trình lớn của Giáo sư Tachi, có tên là "thực tế tăng cường".

Cho đến giữa tương lai trung hạn, chúng ta sẽ sống trong một không gian mạng có thể hoàn toàn kết hợp thế giới thực với hình ảnh từ máy tính. Điều này hoàn toàn có thể thay đổi nơi làm việc, thương mại, giải trí và lối sống của chúng ta. Thực tế tăng cường sẽ có những tác động tức thì đối với thị trường. Ứng dụng thương mại đầu tiên là làm cho các đối tượng trở nên vô hình, hoặc làm cho hình ảnh vô hình trở nên hữu hình.

Ví dụ, nếu bạn là phi công hoặc lái xe, bạn có thể quan sát 360 độ xung quanh và thậm chí dưới chân mình, vì kính hoặc ống kính cho phép bạn nhìn xuyên qua vỏ máy bay hoặc ô tô. Điều này sẽ loại bỏ các điểm mù là nguyên nhân gây ra nhiều tai nạn và thương vong. Trong một cuộc không chiến, phi công sẽ có thể theo dõi máy bay phản lực của đối phương ở bất cứ góc nào, ngay cả phía dưới họ, như thể máy bay phản lực trong suốt. Người lái sẽ có thể nhìn thấy ở tất cả các hướng, vì các máy ảnh có kích thước nhỏ xíu sẽ theo dõi 360 độ xung quanh và chuyển hình ảnh vào kính áp tròng.

Nếu bạn là phi hành gia sửa chữa bên ngoài một tàu tên lửa, bạn cũng sẽ thấy công nghệ này hữu ích, vì nó cho phép nhìn xuyên qua các bức tường, vách ngăn và vỏ tàu tên lửa. Nó có thể cứu sống bạn. Nếu

bạn là công nhân sửa chữa tàu điện ngầm, trong một khối dây, đường ống và van, bạn sẽ biết chính xác chúng được kết nối như thế nào. Điều này rất quan trọng khi xảy ra nổ gas hoặc hơi nước, cần phải sửa chữa và kết nối lại thật nhanh các đường ống chạy ngầm trong tường.

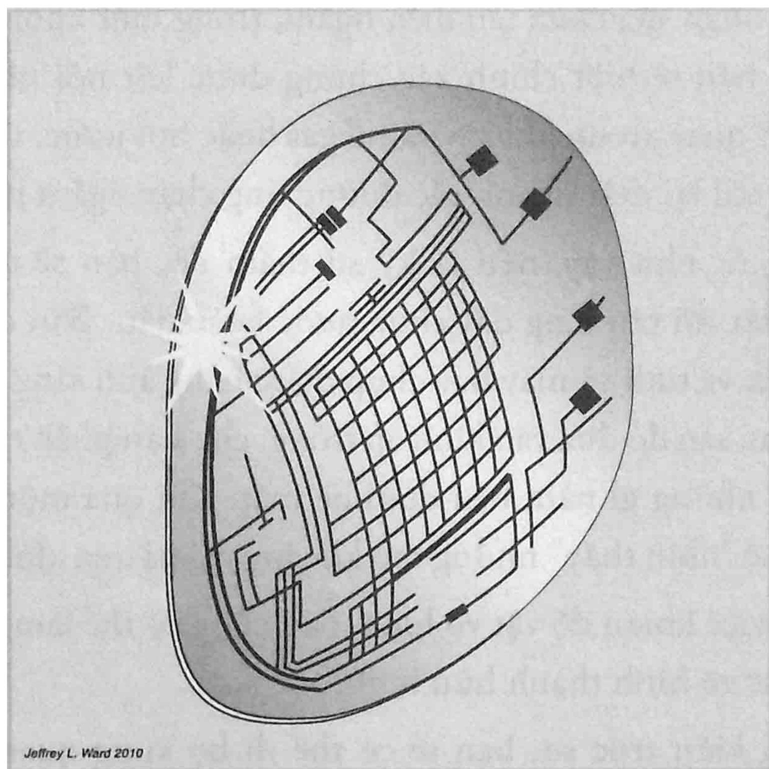
Tương tự như vậy, nếu là kỹ sư thăm dò, bạn sẽ có thể nhìn xuyên qua đất tới tận tầng đất chứa nước hoặc dầu. Bạn có thể phân tích hình ảnh vệ tinh và máy bay chụp được bằng ánh sáng hồng ngoại và tia cực tím, sau đó đưa vào kính áp tròng, cho bạn phân tích 3-D của địa điểm và những gì nằm bên dưới bề mặt. Khi qua một cánh đồng hoang, bạn sẽ "nhìn thấy" những mỏ khoáng giá trị qua kính của mình.

Ngoài việc khiến đồ vật vô hình, bạn cũng có thể làm điều ngược lại: khiến vật vô hình thành hữu hình.

Nếu là kiến trúc sư, bạn sẽ có thể đi bộ xung quanh một căn phòng trống và đột nhiên "nhìn thấy" toàn bộ hình ảnh 3-D của tòa nhà mình đang thiết kế. Các thiết kế trên bản vẽ hiện lên trước mắt khi bạn đi lang thang qua mỗi phòng. Căn phòng trống sẽ đột nhiên sống động, với đồ nội thất, thảm và đồ trang trí trên tường, cho phép bạn hình ảnh hóa sự sáng tạo của mình trong không gian ba chiều trước khi thực sự xây dựng nó. Chỉ cần khoát tay, bạn đã có thể tạo ra các phòng, tường và đồ nội thất mới. Trong thế giới tăng cường này, bạn sẽ có sức mạnh của một pháp sư, vung cây đũa phép và tạo ra bất kỳ vật thể nào bạn muốn.

THỰC TẾ TĂNG CƯỜNG: CUỘC CÁCH MẠNG TRONG DU LỊCH, NGHỆ THUẬT, MUA SẮM, VÀ CHIẾN TRANH

Như bạn có thể thấy, các ứng dụng đối với thương mại và công sở có tiềm năng rất lớn. Ta có thể làm phong phú mọi thứ bằng thực tế tăng cường. Ngoài ra, cuộc sống, giải trí, và xã hội sẽ được tăng cường rất nhiều nhờ công nghệ này.



Kính áp tròng Internet sẽ nhận diện khuôn mặt người, hiển thị tiểu sử của họ và dịch tiếng nói thành phụ đề. Khách du lịch sẽ sử dụng chúng để tìm hiểu các công trình cổ. Nghệ sĩ và kiến trúc sư sẽ sử dụng chúng để thay đổi và định hình lại sáng tạo ảo của mình. Thực tế tăng cường có khả năng vô tận.

Ví dụ, khi đến thăm bảo tàng, du khách có thể đi từ khu này sang khu khác còn kính áp tròng sẽ cung cấp mô tả của từng hiện vật; một hướng dẫn viên ảo sẽ thuyết minh qua mạng ở mỗi khu bạn đi qua. Nếu tham quan một số phế tích cổ, bạn sẽ "nhìn thấy" quá trình xây dựng các tòa nhà và đài tưởng niệm cùng những giai thoại lịch sử. Khi thăm đế chế La Mã, bạn sẽ được nhìn thấy các di tích hồi sinh, cùng lời bình chú đi kèm, thay vì chỉ có các cột đổ kèo nghiêng, cỏ dại um tùm.

Viện Công nghệ Bắc Kinh đã có những bước đi đầu tiên theo hướng này. Trong không gian mạng, họ tái tạo lại kỳ quan vườn Viên Minh, đã bị liên quân Anh-Pháp phá hủy trong Chiến tranh Nha phiến lần thứ hai năm 1860. Ngày nay, khu vườn huyền thoại chỉ còn là đống đổ nát. Nhưng nếu nhìn phế tích này từ một nền hệ thống đặc biệt, bạn có thể thưởng ngoạn toàn bộ khu vườn lộng lẫy trước đây. Trong tương lai, điều này sẽ trở nên phổ biến.

Nhà phát minh Nikolas Neecke đã tạo ra một hệ thống thậm chí còn cao cấp hơn, ông đã tạo ra một chuyến đi bộ thăm thành phố Basel, Thụy Sĩ. Khi dạo quanh phố cổ nơi đây, bạn sẽ thấy hình ảnh của các kiến trúc cổ xưa, thậm chí của cả con người được tái hiện, như thể bạn là một nhà du hành thời gian. Máy tính định vị vị trí và sau đó cho bạn thấy hình ảnh của các phong cảnh cổ xưa trong kính bảo hộ, như thể bạn đã được chuyển về thời Trung Cổ. Ngày nay, bạn phải đeo kính bảo hộ lớn và ba lô nặng chứa đầy máy GPS điện tử và máy tính. Tương lai, bạn sẽ có điều này trong kính áp tròng.

Nếu đang lái xe ở nước ngoài, tất cả các đồng hồ đo sẽ xuất hiện trên kính áp tròng của bạn bằng tiếng mẹ đẻ, nhờ vậy bạn sẽ không bao giờ phải liếc xuống để xem. Bạn sẽ thấy biển báo đường cùng với lời chú thích của bất kỳ vật nào gần đó, chẳng hạn như các điểm tham quan. Bạn cũng sẽ thấy bản dịch tức thì của biển báo giao thông.

Người leo núi, người cắm trại hoặc người đi dã ngoại sẽ không chỉ biết vị trí của mình ở một vùng đất nước ngoài mà còn biết tên của tất cả các loài thực vật và động vật, có thể xem bản đồ khu vực và nhận báo cáo thời tiết. Họ cũng sẽ thấy những con đường mòn và các khu vực cắm trại lẩn khuất sau cây cối.

Người tìm mua nhà sẽ biết có nhà nào đang rao bán khi đi bộ hoặc lái xe trên đường. Trên kính sẽ hiển thị giá, tiện nghi... của bất kỳ căn hộ hoặc ngôi nhà nào đang rao bán.

Và khi nhìn bầu trời đêm, bạn sẽ thấy các ngôi sao và tất cả các chòm sao được mô tả rõ ràng, như thể đang nghe hướng dẫn ở cung thiên văn, ngoại trừ những ngôi sao là có thật. Bạn cũng sẽ thấy các thiên hà, lỗ đen xa xôi, các điểm tham quan thiên văn thú vị khác và có thể tải xuống các bài giảng lý thú.

Ngoài việc có thể nhìn xuyên qua vật và thăm thú những vùng đất mới, tầm nhìn tăng cường rất cần khi bạn muốn biết thông tin nào đó ngay khi chạm vào.

Ví dụ, nếu là một diễn viên, nhạc sĩ hoặc nghệ sĩ trình diễn phải ghi nhớ một lượng lớn lời thoại, trong tương lai bạn sẽ thấy tất cả các dòng chữ hoặc bản nhạc trong kính của mình. Bạn sẽ không cần máy phóng đại chữ, thẻ nhắc, khuông nhạc, hoặc ghi chú để nhắc nhở bạn. Bạn sẽ không cần phải ghi nhớ bất cứ điều gì nữa.

Các ví dụ khác:

- Nếu là sinh viên và bỏ lỡ một bài giảng, bạn sẽ có thể tải các bài giảng của giảng viên ảo về bất kỳ chủ đề nào và xem lại. Thông qua việc xuất hiện qua mạng (telepresence), hình ảnh của một giảng viên thật có thể xuất hiện trước mặt và trả lời bất kỳ câu hỏi nào bạn đưa ra. Bạn cũng có thể xem các thí nghiệm chứng minh, video... qua kính của mình.
- Nếu là lính chiến, kính bảo hộ hoặc tai nghe có thể cung cấp cho bạn tất cả thông tin, bản đồ, vị trí địch, hướng bắn địch, chỉ thị của cấp trên... Khi chiến đấu với kẻ thù, đạn bay tứ phía, bạn vẫn có thể nhìn qua chướng ngại vật và xác định vị trí kẻ thù nhờ máy bay không người lái bay trên không.
- Nếu là bác sĩ phẫu thuật thực hiện một ca mổ cấp cứu, bạn sẽ nhìn thấy bên trong bệnh nhân (nhờ máy chụp cộng hưởng từ di động), qua cơ thể (nhờ cảm biến di chuyển bên trong cơ thể), cũng như truy cập y bạ và video của các ca mổ trước đó.
- Nếu đang chơi điện tử, bạn có thể đắm mình trong không gian mạng với kính áp tròng. Mặc dù đang ở trong một căn phòng trống, bạn có thể thấy đồng đội trong một không gian ba chiều hoàn hảo, trải nghiệm một số cảnh quan vũ trụ khi chuẩn bị chiến đấu với những người ngoài hành tinh tưởng tượng. Như thể bạn đang ở trên chiến trường của một hành tinh xa lạ, với những vụ nổ chùm tia ở khắp nơi.
- Nếu cần tra cứu số liệu thống kê của bất kỳ vận động viên hoặc môn thể thao nào, thông tin sẽ ngay lập tức hiện lên trên kính áp tròng.

Điều này có nghĩa bạn sẽ không cần điện thoại di động, đồng hồ hoặc máy nghe nhạc MP3 nữa. Tất cả các biểu tượng trên các thiết bị cầm tay sẽ được chiếu lên kính áp tròng để bạn có thể truy cập bất kỳ lúc nào bạn muốn. Các cuộc gọi, các trang web âm nhạc... đều có thể được truy cập theo cách này. Nhiều thiết bị và tiện ích ở nhà có thể được thay thế bằng thực tế tăng cường.

Một nhà khoa học khác đẩy ranh giới của thực tế tăng cường là Pattie Maes thuộc Phòng thí nghiệm truyền thông MIT. Thay vì sử dụng kính áp tròng đặc biệt, kính hoặc kính bảo hộ, bà dự tính chiếu màn hình máy tính lên các đồ vật phổ biến trong môi trường. Dự án của bà, có tên gọi SixthSense, bao gồm việc đeo một chiếc máy ảnh và máy chiếu nhỏ quanh cổ, giống như một huy chương, có thể chiếu hình ảnh màn hình máy tính lên bất cứ thứ gì trước mặt bạn, chẳng hạn như tường hoặc bàn. Khi nhấn các nút ảo, máy tính sẽ tự động bật, giống như khi bạn đang gõ trên bàn phím thực. Vì có thể chiếu hình ảnh của màn hình máy tính lên bất cứ thứ gì bằng phẳng và chắc chắn trước mặt, bạn có thể chuyển đổi hàng trăm đối tượng thành màn hình máy tính.

Ngoài ra, bạn có thể đeo những viên nhựa đặc biệt trên các ngón tay. Khi bạn di ngón tay, máy tính sẽ thực hiện các chỉ dẫn trên màn hình máy tính treo tường. Ví dụ, bằng cách di ngón tay, bạn có thể vẽ hình ảnh lên màn hình máy tính. Bạn có thể dùng ngón tay thay vì một con chuột để điều khiển con trỏ. Và nếu đan tay vào nhau để tạo hình vuông, bạn có thể kích hoạt máy ảnh kỹ thuật số và chụp ảnh.

Điều này cũng có nghĩa khi bạn đi mua sắm, máy tính sẽ quét các sản phẩm khác nhau, xác định chúng là gì và sau đó cung cấp cho bạn toàn bộ thông tin, hàm lượng calo và đánh giá của người tiêu dùng. Vì chip sẽ có giá thấp hơn mã vạch, mỗi sản phẩm thương mại sẽ có nhãn thông minh của riêng bạn để truy cập và quét.

Một ứng dụng khác của thực tế tăng cường là tầm nhìn tia X, rất giống với tầm nhìn tia X trong truyện tranh *Superman* (Siêu nhân), sử

dụng một quá trình gọi là "tia X tán xạ ngược". Nếu kính hay kính áp tròng của bạn nhạy cảm với tia X, việc nhìn xuyên tường là hoàn toàn có thể. Khi nhìn xung quanh, bạn có thể nhìn xuyên qua các vật thể, giống như trong truyện. Lần đầu đọc *Siêu nhân*, đứa trẻ nào cũng mơ ước "nhanh hơn một viên đạn, mạnh hơn một đầu máy." Chúng mặc áo choàng, nhảy ra khỏi thùng, bật tanh tách khắp nơi và giả vờ có tầm nhìn tia X, nhưng những điều này đều có thể xảy ra.

Vấn đề với tia X thông thường là bạn phải đặt phim X-quang đằng sau vật thể, chiếu tia X rồi xử lý phim. Nhưng các tia X tán xạ ngược giải quyết tất cả những vấn đề này. Đầu tiên, bạn có nguồn tia X ngập căn phòng. Sau đó, các tia X phản xạ lại các bức tường và xuyên qua các đồ vật mà bạn muốn kiểm tra. Kính của bạn nhạy cảm với các tia X này. Các hình ảnh được nhìn thấy qua các tia X tán xạ ngược sẽ rõ như trong truyện tranh. (Bằng cách tăng độ nhạy của kính bảo hộ, ta có thể giảm cường độ tia X, để giảm thiểu bất kỳ rủi ro sức khỏe nào.)

MÁY DỊCH PHỔ QUÁT

Trong phim *Du hành giữa các vì sao*, *Chiến tranh giữa các vì sao* và hầu như trong tất cả các bộ phim khoa học viễn tưởng khác, tất cả người ngoài hành tinh đều nói tiếng Anh hoàn hảo. Điều này là nhờ "máy dịch phổ quát" cho phép người Trái đất giao tiếp tức thời với mọi nền văn minh ngoài hành tinh, loại bỏ sự bất tiện của việc sử dụng ngôn ngữ ký hiệu và cử chỉ.

Mặc dù từng bị cho là phi thực tế, các phiên bản của máy dịch phổ quát đã tồn tại. Điều này có nghĩa là trong tương lai, nếu bạn đi du lịch nước ngoài và nói chuyện với dân bản xứ, bạn sẽ thấy phụ đề trong kính áp tròng của mình, như thể bạn đang xem phim nước ngoài. Bạn cũng có thể dùng máy tính tạo ra một bản dịch âm thanh và đeo vào tai. Điều này có nghĩa là hai người có thể trò chuyện trực tiếp, mỗi người nói bằng ngôn ngữ riêng, trong khi nghe bản dịch, nếu cả hai đều có máy dịch đa năng. Bản dịch sẽ không hoàn hảo, vì luôn luôn

có vấn đề với thành ngữ, tiếng lóng và ẩn dụ, nhưng đủ tốt để hiểu ý chính của người nói.

Các nhà khoa học đang hiện thực hóa điều này bằng nhiều cách. Đầu tiên là tạo ra máy chuyển đổi giọng nói thành văn bản. Vào giữa những năm 1990, máy nhận dạng giọng nói thương mại đầu tiên có mặt trên thị trường. Chúng có thể nhận ra tới 40.000 từ với độ chính xác 95%. Vì một cuộc trò chuyện điển hình hằng ngày chỉ sử dụng từ 500 đến 1.000 từ nên những máy này là quá đủ. Sau khi ký âm giọng nói con người, mỗi từ được dịch sang ngôn ngữ khác thông qua một từ điển máy tính. Sau đó, đến phần khó khăn: đưa các từ vào ngữ cảnh, thêm tiếng lóng, cụm từ thông dụng... tất cả đều cần sự hiểu biết sâu sắc về các sắc thái của ngôn ngữ. Lĩnh vực này có tên gọi CAT (Computer Assisted Translation – Dịch với sự hỗ trợ của máy tính).

Một hướng tiên phong khác đang được thực hiện tại Đại học Carnegie Mellon, Pittsburgh. Các nhà khoa học đã có các máy dịch mẫu có thể dịch tiếng Trung sang tiếng Anh và tiếng Anh sang tiếng Tây Ban Nha hoặc tiếng Đức. Họ gắn các điện cực vào cổ và mặt của người nói; các điện cực này đo sự co cơ và giải mã từ ngữ. Việc này không cần đến bất kỳ thiết bị âm thanh nào, vì chỉ cần nói thầm là đủ. Sau đó, máy tính dịch những lời này và một bộ tổng hợp sẽ phát ra giọng nói. Trong các cuộc hội thoại đơn giản với 100 đến 200 từ, độ chính xác đạt được là 80%.

Tanja Schultz, một trong những nhà nghiên cứu cho biết: “Với thiết bị này, bạn chỉ cần nói bằng tiếng Anh, chúng sẽ phát ra bằng tiếng Trung hoặc ngôn ngữ khác.” Trong tương lai, có thể máy tính sẽ đọc được khẩu hình của người đối diện, vì thế sẽ không cần dùng đến các điện cực. Vì vậy, về nguyên tắc, hai người có thể có một cuộc trò chuyện sinh động, mặc dù họ nói bằng hai ngôn ngữ khác nhau.

Trong tương lai, rào cản ngôn ngữ ngăn chặn sự hiểu biết lẫn nhau giữa các nền văn hóa có thể dần dần được tháo bỏ nhờ máy dịch phổ quát và kính hay kính áp tròng Internet.

Mặc dù thực tế tăng cường mở ra một thế giới hoàn toàn mới, nhưng vẫn có những hạn chế. Hạn chế này không nằm ở phần cứng, cũng không phải ở băng thông, vì lượng thông tin truyền bằng cáp quang là không giới hạn.

Nút thắt cổ chai thực tế là ở phần mềm. Phần mềm chỉ có thể được tạo ra theo cách cũ. Một người – ngồi yên trên ghế với bút chì, giấy và máy tính xách tay – sẽ phải viết code, từng dòng một, khiến cho thế giới tưởng tượng này trở nên sống động. Người ta có thể sản xuất hàng loạt phần cứng và tăng công suất bằng cách ghép ngày càng nhiều chip, nhưng không thể sản xuất hàng loạt bộ não. Điều này có nghĩa sự ra đời của một thế giới thực sự được tăng cường sẽ mất hàng thập kỷ, cho đến tương lai trung hạn.

ẢNH TOÀN KÝ VÀ BA CHIỀU

Một tiến bộ công nghệ khác mà chúng ta có thể thấy đến tương lai trung hạn là ti vi và phim 3-D thực sự. Quay trở lại những năm 1950, các bộ phim 3-D yêu cầu bạn đeo kính với mắt kính màu xanh và đỏ. Điều này dựa trên mắt trái và mắt phải hơi lệch hướng; màn hình phim hiển thị hai hình ảnh, một màu xanh và một màu đỏ. Vì những chiếc kính này hoạt động như những bộ lọc có hai hình ảnh riêng biệt cho mắt trái và mắt phải, tạo ra ảo giác ba chiều khi bộ não kết hợp hai hình ảnh. Do đó, cảm nhận về chiều sâu là một mánh khóe. (Hai mắt càng xa nhau, cảm nhận về chiều sâu càng rõ. Đó là lý do tại sao một số động vật có đôi mắt ở trên đầu: để chúng cảm nhận được chiều sâu tốt nhất.)

Một cải tiến là kính 3-D làm bằng kính phân cực, do đó mắt trái và mắt phải hiển thị hai hình ảnh phân cực khác nhau. Bằng cách này, người ta có thể thấy hình ảnh 3-D có đầy đủ màu sắc, không chỉ màu xanh và đỏ. Vì ánh sáng là sóng, nó có thể dao động lên và xuống, hoặc trái và phải. Ống kính phân cực là một mảnh thủy tinh cho phép chỉ có một hướng ánh sáng đi qua. Do đó, nếu có hai thấu kính phân cực

trong kính, với các hướng phân cực khác nhau, bạn có thể tạo hiệu ứng 3-D. Một phiên bản 3-D phức tạp hơn có thể có hai hình ảnh khác nhau lóe lên trong kính áp tròng.

Ti vi 3-D với yêu cầu đeo một loại kính đặc biệt đã có mặt trên thị trường. Nhưng chẳng mấy chốc, sẽ không cần đến các kính đặc biệt này nữa, thay vào đó là sử dụng mảng thấu kính. Màn hình ti vi được thiết kế đặc biệt sao cho nó chiếu hai hình ảnh riêng biệt ở các góc hơi khác nhau, mỗi hình ảnh cho một mắt. Do đó mắt bạn nhìn thấy hình ảnh riêng biệt, tạo ảo giác 3-D. Tuy nhiên, đầu của bạn phải được định vị chính xác; có những "điểm ngọt" nơi mắt bạn tập trung vào khi nhìn vào màn hình. (Điều này lợi dụng ảo ảnh quang học nổi tiếng. Trong các cửa hàng mới lạ, chúng ta thấy những hình ảnh biến đổi kỳ diệu khi ta đi qua chúng. Điều này được thực hiện bằng cách chụp hai bức ảnh, cắt nhỏ bức ảnh thành nhiều dải mỏng, và sau đó xen kẽ các dải. Sau đó, một tấm thủy tinh dạng thấu kính với nhiều rãnh dọc được đặt trên đầu ảnh, mỗi rãnh nằm chính xác trên hai dải. Đường rãnh được định hình đặc biệt để khi nhìn từ một góc, bạn có thể nhìn thấy một dải, nhưng dải kia xuất hiện từ một góc khác, do đó, bằng cách đi qua tấm kính, chúng ta thấy mỗi bức ảnh đột nhiên biến đổi từ hình này sang hình khác và ngược lại, ti vi 3-D sẽ thay thế những hình ảnh tĩnh này bằng cách di chuyển hình ảnh để đạt được hiệu ứng tương tự mà không cần sử dụng kính.)

Tuy nhiên phiên bản 3-D tiên tiến nhất sẽ là ảnh toàn ký. Không cần đến bất kỳ kính nào, bạn sẽ nhìn thấy mặt sóng chính xác của hình ảnh ba chiều, như thể nó đang ở ngay trước mặt bạn. Hình ba chiều đã tồn tại trong nhiều thập kỷ (chúng xuất hiện trong các cửa hàng mới lạ, trên thẻ tín dụng, tại các triển lãm) và thường xuyên xuất hiện trong các bộ phim khoa học viễn tưởng. Trong phim *Chiến tranh giữa các vì sao*, công chúa Leia gửi thông điệp toàn ký ba chiều tới các thành viên của quân Kháng chiến để thiết lập đường bay.

Vấn đề là ảnh toàn ký rất khó tạo.

Ảnh toàn ký được tạo ra bằng cách lấy một chùm laser đơn và tách thành hai chùm. Một chùm chiếu vào đối tượng bạn muốn chụp, sau đó phản xạ lại và chiếu vào một màn hình đặc biệt. Chùm laser thứ hai chiếu trực tiếp lên màn hình. Sự pha trộn của hai chùm tia tạo ra một mẫu giao thoa phức tạp chứa hình ảnh 3-D "đóng băng" của đối tượng gốc, mẫu giao thoa này sau đó được chụp trên một phim đặc biệt trên màn hình. Tiếp theo, bằng cách chiếu một chùm tia laser khác qua màn hình, hình ảnh của vật ban đầu sẽ xuất hiện dưới dạng ba chiều.

Có hai vấn đề với ti vi toàn ký. Đầu tiên, hình ảnh phải được chiếu lên màn hình. Ngồi trước màn hình, bạn sẽ thấy chính xác hình ảnh ba chiều của đối tượng gốc. Nhưng bạn không thể với tới và chạm vào vật thể. Hình ảnh 3-D bạn nhìn thấy trước mặt là một ảnh ảo.

Điều này có nghĩa nếu bạn đang xem một trận bóng đá 3-D trên ti vi toàn ký, bất kể bạn di chuyển thế nào, hình ảnh trước mặt bạn thay đổi như thể nó là thật. Cứ như là bạn đang ngồi giữa sân, xem trận đấu chỉ cách các cầu thủ vài cm. Tuy nhiên, nếu bạn tiếp cận để lấy bóng, bạn sẽ va vào màn hình.

Vấn đề kỹ thuật thực sự ngăn cản sự phát triển của truyền hình toàn ký là lưu trữ thông tin. Một hình ảnh ba chiều thực chứa một lượng thông tin khổng lồ, gấp nhiều lần hình ảnh ba chiều. Ti vi thường xử lý hình ảnh 2-D vì nó được chia thành các chấm nhỏ, được gọi là điểm ảnh, mỗi điểm ảnh được chiếu sáng bằng một bóng bán dẫn nhỏ. Nhưng để di chuyển hình ảnh ba chiều, bạn cần phải chụp 30 hình ảnh mỗi giây. Tính toán nhanh cho thấy thông tin cần thiết để tạo ra ảnh toàn ký 3-D động vượt xa khả năng của Internet ngày nay.

Cho đến tương lai trung hạn, vấn đề này có thể được giải quyết khi băng thông của Internet mở rộng theo hàm mũ.

Một ti vi ba chiều thực sự trông như thế nào?

Có thể màn hình sẽ có dạng hình trụ hoặc vòm và bạn ngồi bên trong đó. Khi hình ảnh ba chiều được chiếu lên màn hình, chúng ta sẽ thấy hình ảnh ba chiều bao quanh, như thể chúng thực sự ở đó.

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

Ý THỨC VƯỢT LÊN VẬT CHẤT

Đến cuối thế kỷ này, chúng ta sẽ trực tiếp điều khiển máy tính bằng tâm trí. Giống như các vị thần Hy Lạp, chúng ta sẽ nghĩ đến một mệnh lệnh nào đó và mong muốn đó sẽ được tuân theo. Nền tảng cho công nghệ này đã được đặt ra. Nhưng có thể chúng ta phải miệt mài làm việc hàng thập kỷ mới hoàn thiện được. Cuộc cách mạng này gồm hai phần: Thứ nhất, trí óc phải có khả năng điều khiển các vật xung quanh. Thứ hai, máy tính phải giải mã mong muốn của con người để thực hiện những mong muốn ấy.

Bước đột phá đầu tiên là vào năm 1998, khi các nhà khoa học tại Đại học Emory và Đại học Tübingen, Đức, đặt một điện cực thủy tinh nhỏ vào não một người đàn ông năm mươi sáu tuổi bị liệt sau cơn đột quỵ. Điện cực được kết nối với một máy tính phân tích các tín hiệu từ bộ não của ông ta. Bệnh nhân này đã có thể nhìn thấy hình ảnh con trỏ trên màn hình máy tính. Sau đó, nhờ liệu pháp phản hồi sinh học, ông ta có thể điều khiển con trỏ bằng suy nghĩ. Lần đầu tiên, kết nối trực tiếp giữa bộ não con người và máy tính được thực hiện.

Nhà thần kinh học John Donoghue tại Đại học Brown đã phát triển phiên bản tinh vi nhất của công nghệ này, ông đã tạo ra thiết bị BrainGate giúp những người bị tổn thương suy nhược não có thể giao tiếp. Thiết bị này đã thu hút sự quan tâm lớn của các phương tiện truyền thông và thậm chí lên bìa tạp chí *Nature* vào năm 2006.

Donoghue mơ ước BrainGate sẽ cách mạng hóa cách con người điều trị tổn thương não nhờ khai thác toàn bộ sức mạnh của cuộc cách mạng thông tin. Nó đã có tác động to lớn đến cuộc sống của các bệnh nhân của ông và ông đặt niềm tin lớn trong việc tiếp tục công nghệ này. Ông đặc biệt quan tâm đến nghiên cứu này vì ngay từ nhỏ đã phải ngồi xe lăn do bệnh thoái hóa và do đó thấu hiểu được cảm giác bất lực.

Bệnh nhân của ông bao gồm những người đột quỵ bị liệt hoàn toàn và không thể giao tiếp với người thân, nhưng bộ não của họ vẫn hoạt động. Ông đã cấy một con chip, rộng 4 mm, trên não của bệnh nhân đột quỵ, trong khu vực điều khiển chuyển động. Con chip này sau đó được kết nối với một máy tính phân tích và xử lý tín hiệu não, cuối cùng gửi tin nhắn đến một máy tính xách tay.

Lúc đầu bệnh nhân không kiểm soát được vị trí con trỏ, nhưng có thể thấy nơi con trỏ đang di chuyển. Sau một hồi mò mẫm, bệnh nhân đã học được cách điều khiển con trỏ, và sau vài giờ, có thể định vị con trỏ ở bất cứ đâu trên màn hình. Rồi nhờ luyện tập, bệnh nhân đột quỵ có thể đọc, viết e-mail và chơi điện tử. Về nguyên tắc, một người bị liệt có thể thực hiện bất kỳ chức năng nào điều khiển được bằng máy tính.

Ban đầu, Donoghue thí điểm với bốn bệnh nhân, hai người bị tổn thương tủy sống, một người bị đột quỵ và một người bị ALS (Amyotrophic Lateral Sclerosis – xơ cứng teo cơ một bên). Một trong số họ, bị liệt tứ chi từ cổ xuống, chỉ mất một ngày để làm chủ chuyển động của con trỏ bằng tâm trí. Hiện nay, anh ta có thể điều khiển ti vi, di trỏ, chơi điện tử và đọc e-mail. Các bệnh nhân cũng có thể kiểm soát khả năng di chuyển của mình bằng cách điều khiển xe lăn có động cơ.

Trong tương lai gần, đây là điều kỳ diệu đối với những người bị liệt hoàn toàn. Một ngày, họ bị mắc kẹt, bất lực với cơ thể; ngày hôm sau, họ lướt web và trò chuyện với mọi người trên khắp thế giới.

(Có lần tôi tham dự buổi tiệc gala tại Lincoln Center ở New York để vinh danh nhà vũ trụ học vĩ đại Stephen Hawking. Thật đau lòng khi thấy ông bị gắn chặt vào xe lăn, không cử động được gì ngoài một vài cơ mặt và mí mắt, cần sự trợ giúp của y tá nâng đầu và đẩy đi xung quanh, ông mất hàng giờ và nhiều ngày nỗ lực hết mình để truyền đạt những ý tưởng đơn giản qua bộ tổng hợp giọng nói, tôi tự hỏi liệu có quá muộn để ông tận dụng công nghệ BrainGate hay không. Sau đó John Donoghue, cũng ngồi dưới hàng ghế khán giả, đã đến chào tôi. Có lẽ BrainGate là lựa chọn tốt nhất cho Hawking.)

Một nhóm các nhà khoa học tại Đại học Duke đã đạt được kết quả tương tự ở khỉ. Miguel A. L. Nicolelis và nhóm của ông đã cấy một con chip vào não khỉ. Chip được nối với một cánh tay cơ khí. Lúc đầu, lũ khỉ đập lung tung, không hiểu cách vận hành cánh tay cơ khí. Nhưng qua thực hành, chúng đã sử dụng sức mạnh của bộ não để từ từ kiểm soát chuyển động của cánh tay cơ khí – ví dụ, lấy một quả chuối. Chúng có thể di chuyển những cánh tay theo bản năng, như thể cánh tay là một phần cơ thể. "Có bằng chứng cho thấy lũ khỉ gắn bó với cánh tay với robot hơn là với cơ thể của chúng." Nicolelis nói.

Điều này cũng có nghĩa một ngày nào đó con người sẽ điều khiển được máy móc bằng tâm trí. Những người bị liệt có thể kiểm soát cánh tay và chân cơ khí theo cách này. Ví dụ, có thể kết nối trực tiếp bộ não của một người với cánh tay và chân cơ khí, bỏ qua tủy sống, nhờ đó người bệnh có thể đi lại. Ngoài ra, điều này có thể đặt nền tảng cho việc điều khiển thế giới con người thông qua sức mạnh tâm trí.

ĐỌC TÂM TRÍ

Nếu bộ não có thể điều khiển máy tính hoặc cánh tay cơ khí, liệu máy tính có thể đọc được suy nghĩ của con người, khi không có điện cực bên trong não hay không?

Từ năm 1875 con người đã biết bộ não hoạt động dựa trên sự di chuyển điện qua các tế bào thần kinh, tạo ra các tín hiệu điện nhỏ có thể đo được bằng cách đặt các điện cực quanh đầu người. Bằng cách phân tích các xung điện đo được bởi các điện cực này, người ta đã ghi lại được sóng não. Phương pháp này có tên gọi EEG (electroencephalogram – điện não đồ), có thể ghi lại những thay đổi tổng thể trong não, như khi đang ngủ và tâm trạng: kích động, tức giận... Bệnh nhân có thể xem tín hiệu đầu ra của điện não đồ trên màn hình máy tính. Sau một thời gian, người đó có thể di chuyển con trỏ bằng ý nghĩ. Nhờ phương pháp này, Niels Birbaumer tại Đại học Tübingen đã có thể đào tạo bệnh nhân bị liệt một phần gõ được câu đơn giản.

Các nhà sản xuất đồ chơi cũng áp dụng công nghệ này. Một số công ty đồ chơi, bao gồm NeuroSky, tiếp thị một băng đô với một điện cực điện não đồ bên trong. Nếu tập trung, bạn có thể kích hoạt điện não đồ trong băng đô, sau đó điều khiển đồ chơi. Ví dụ, bạn có thể dùng ý nghĩ nâng một quả bóng vào ống trụ.

Ưu điểm của điện não đồ là nó có thể phát hiện nhanh chóng các tần số khác nhau phát ra từ não mà không cần thiết bị đắt tiền, phức tạp. Nhưng nhược điểm lớn là điện não đồ không thể xác định suy nghĩ đến từ vị trí cụ thể nào của não.

Phương pháp nhạy hơn là quét fMRI (chụp ảnh cộng hưởng từ chức năng). Quét điện não đồ và chụp ảnh cộng hưởng từ chức năng có những điểm khác nhau cơ bản. Quét điện não đồ là thiết bị thụ động nhận tín hiệu điện từ não, nên không thể xác định vị trí nguồn phát. Máy chụp cộng hưởng từ chức năng sử dụng "tiếng vang" được tạo ra bởi sóng vô tuyến để nhìn vào bên trong mô sống. Điều này cho phép xác định vị trí của các tín hiệu khác nhau, cho chúng ta những hình ảnh ba chiều tuyệt vời bên trong não.

Máy chụp cộng hưởng từ chức năng khá đắt đỏ và đòi hỏi nhiều thiết bị cồng kềnh, nhưng sẽ cho chúng ta những chi tiết ngoạn mục về cách bộ não vận hành. Việc quét cộng hưởng từ chức năng giúp các nhà khoa học xác định oxy trong hemoglobin của máu. Do hemoglobin gắn oxy chứa năng lượng là nhiên liệu hoạt động tế bào, việc phát hiện dòng oxy này cho phép theo dõi dòng suy nghĩ trong não.

Joshua Freedman, bác sĩ tâm thần tại Đại học California, Los Angeles, nói: "Như một nhà thiên văn học ở thế kỷ 16 sau khi phát minh ra kính thiên văn. Trong hàng nghìn năm, các nhà thông thái đã cố gắng hiểu những gì đang diễn ra trên trời, nhưng họ chỉ có thể suy đoán về những gì vượt quá tầm nhìn của con người. Sau đó, đột nhiên, một công nghệ mới cho phép họ nhìn thấy trực tiếp những gì đã có."

Quét cộng hưởng từ chức năng thậm chí có thể phát hiện chuyển động của suy nghĩ trong bộ não sống với độ phân giải 0,1 mm hoặc

nhỏ hơn đầu ghim, ứng với vài nghìn tế bào thần kinh. Do đó, máy quét cộng hưởng từ chức năng có thể cho hình ảnh tham chiếu của dòng năng lượng bên trong não với độ chính xác đáng kinh ngạc. Cuối cùng, có thể xây dựng các máy chụp cộng hưởng từ chức năng để thăm dò tới mức tế bào thần kinh đơn, trong trường hợp này, người ta có thể chọn ra các mẫu tế bào thần kinh tương ứng với từng suy nghĩ.

Kendrick Kay và đồng nghiệp tại Đại học California, Berkeley gần đây đã có một bước đột phá. Họ đã thực hiện chụp cộng hưởng từ chức năng một người khi người đó nhìn vào các bức tranh khác nhau, chẳng hạn như đồ ăn, động vật, con người... với đủ màu sắc. Họ đã tạo ra một chương trình phần mềm liên kết các vật trong các bức tranh này với mẫu chụp cộng hưởng từ chức năng tương ứng. Khi nhìn càng nhiều đồ vật thì chương trình máy tính xác định các vật này bằng chụp cộng hưởng từ chức năng càng chính xác.

Sau đó, họ đưa ra các đối tượng hoàn toàn mới và chương trình phần mềm có thể khớp chính xác các đối tượng này bằng phương pháp quét cộng hưởng từ. Khi đưa ra 120 bức tranh mới, chương trình phần mềm đã xác định chính xác 90% các bức tranh nhờ quét cộng hưởng từ chức năng. Khi đưa ra 1.000 bức tranh mới, tỷ lệ thành công của chương trình phần mềm là 80%.

Kay nói "từ một tập hợp lớn các hình ảnh tự nhiên hoàn toàn mới lạ, có thể xác định người quan sát đã nhìn thấy hình ảnh nào... Việc tái tạo lại hình ảnh trải nghiệm thị giác của một người từ các phép đo hoạt động của não có lẽ sẽ sớm thành hiện thực."

Mục tiêu của phương pháp này là tạo ra một "từ điển ý nghĩ", để mỗi đối tượng có sự tương ứng một-một với một hình ảnh chụp cộng hưởng từ chức năng nhất định. Bằng cách đọc mẫu cộng hưởng từ chức năng, người ta có thể giải mã đối tượng mà người đó đang nghĩ tới. Cuối cùng, một máy tính sẽ quét có lẽ hàng ngàn mẫu chụp cộng hưởng từ chức năng đổ ra từ não và giải mã từng cái một. Bằng cách này, người ta có thể giải mã luồng suy nghĩ của con người.

CHỤP ẢNH GIẤC MƠ

Tuy nhiên, vấn đề với kỹ thuật này là, ví dụ như nó có thể cho biết bạn đang nghĩ đến một con chó, nhưng lại không thể tái tạo hình ảnh thực tế của con chó đó. Một hướng nghiên cứu mới là cố gắng tái tạo lại hình ảnh chính xác mà bộ não đang nghĩ đến, từ đó tạo ra một video suy nghĩ của con người. Bằng cách này, người ta có thể tạo ra một video ghi lại giấc mơ.

Ngay từ thời xa xưa, con người đã bị cuốn hút bởi những giấc mơ, những hình ảnh phù phiếm đôi lúc gây khó chịu khi cố gắng nhớ lại hoặc hiểu. Hollywood từ lâu đã hình dung ra những cỗ máy mà một ngày nào đó có thể gửi những suy nghĩ mơ ước vào trong não hoặc thậm chí ghi lại chúng, như trong bộ phim *Total Recall* (Truy tìm ký ức). Tuy nhiên, tất cả chỉ là suy đoán.

Cho đến tận ngày nay, điều này vẫn đúng.

Các nhà khoa học đã đạt được những tiến bộ đáng ghi nhận trong một lĩnh vực từng được cho là bất khả thi: chụp ảnh nhanh ký ức và có thể là những giấc mơ. Các bước đầu tiên theo hướng này được thực hiện bởi các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm khoa học thần kinh tính toán cao cấp (ATR - Advanced Telecommunications Research) ở Kyoto. Họ cho đối tượng thấy một điểm sáng tại một vị trí cụ thể. Sau đó, họ sử dụng quét cộng hưởng từ chức năng để ghi lại nơi bộ não lưu trữ thông tin này. Họ di chuyển điểm sáng và ghi lại nơi não lưu trữ hình ảnh mới này. Cuối cùng, họ đã có một bản đồ một-một mô tả vị trí các điểm sáng được lưu trữ trong não. Những điểm này được đặt trên một lưới 10 × 10.

Sau đó, các nhà khoa học chiếu nhanh ảnh của một vật đơn giản được tạo nên từ 10 × 10 điểm này, chẳng hạn móng ngựa. Họ dùng máy tính phân tích cách bộ não lưu trữ hình ảnh này. Mô hình được lưu trữ bởi bộ não là tổng hòa của các hình ảnh tạo nên móng ngựa.

Bằng cách này, các nhà khoa học có thể tạo ra bức tranh về những

gì bộ não đang nhìn thấy. Bất kỳ mẫu nào sáng lên trên lưới 10 × 10 đều được giải mã bằng máy tính đang quét cộng hưởng từ chức năng.

Trong tương lai, các nhà khoa học muốn tăng số lượng điểm ảnh trong lưới 10 × 10. Họ cho rằng quá trình này là phổ quát, có nghĩa là, bất kỳ suy nghĩ trực quan nào, thậm chí là giấc mơ sẽ có thể đo được bằng quét cộng hưởng từ chức năng. Nếu thành hiện thực, đây sẽ là lần đầu tiên con người ghi lại được những hình ảnh trong giấc mơ.

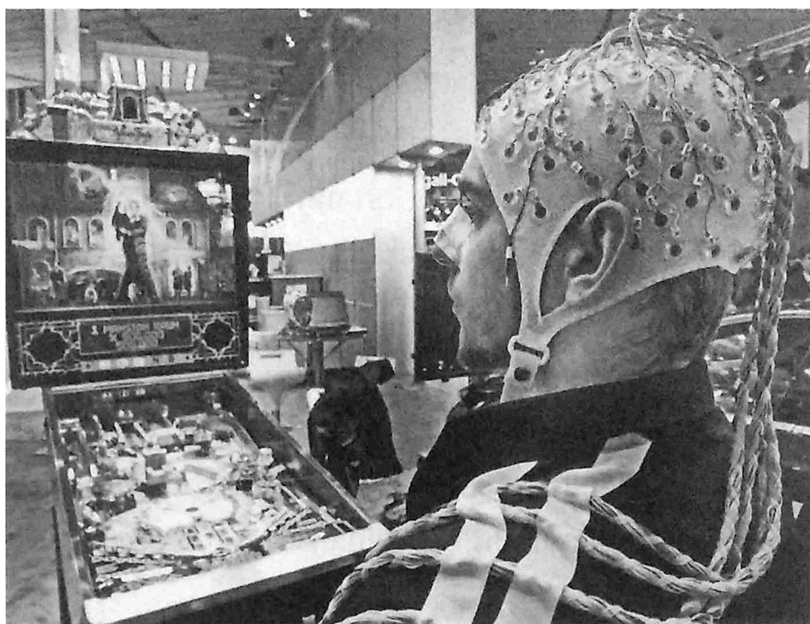
Tất nhiên, hình ảnh tinh thần, và đặc biệt là những giấc mơ, không bao giờ rõ nét, và sẽ luôn có một sự mờ nhạt nhất định, nhưng việc có thể nhìn sâu vào suy nghĩ trực quan trong não của ai đó thật đáng ghi nhận.

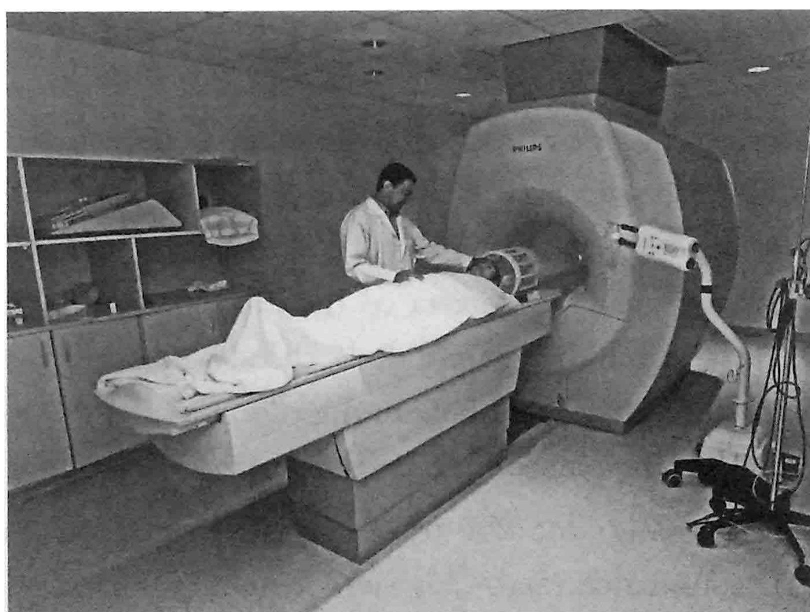
VẤN ĐỀ ĐẠO ĐỨC CỦA VIỆC ĐỌC TÂM TRÍ

Việc đọc tâm trí đặt ra một vấn đề: Điều gì sẽ xảy ra nếu chúng ta có thể đọc thường xuyên suy nghĩ của con người? Nhà khoa học đoạt giải Nobel David Baltimore, cựu chủ tịch Viện Công nghệ California (Caltech) đã tỏ ý lo ngại: "Chúng ta có thể khai thác suy nghĩ của người khác không?... Tôi không nghĩ đó là khoa học giả tưởng thuần túy nhưng nó sẽ tạo ra địa ngục. Hãy tưởng tượng nếu ai đó đọc suy nghĩ của bạn khi bạn đang tán tỉnh hoặc thương thảo hợp đồng."

Ông luôn cho rằng, đọc tâm trí sẽ gây ra hậu quả khá xấu hổ nhưng không đến mức thảm hại. Ông viết: "Người ta nói với tôi rằng nếu bạn dừng bài giảng của giáo sư giữa chừng... phần lớn [sinh viên] sẽ bắt đầu tưởng tượng bậy bạ."

Nhưng có lẽ việc đọc ý nghĩ sẽ không trở thành vấn đề riêng tư như vậy, vì hầu hết suy nghĩ của con người không được xác định rõ ràng. Chụp ảnh giấc mơ một ngày nào đó có thể thành hiện thực, nhưng chúng ta có thể thất vọng với chất lượng ảnh. Nhiều năm trước, tôi nhớ đã đọc một truyện ngắn, trong đó một vị thần nói với một người đàn ông rằng anh có thể có bất cứ điều gì mình tưởng tượng.





Đọc suy nghĩ qua quét điện não đồ (trên) và cộng hưởng từ chức năng (dưới). Trong tương lai, các điện cực này sẽ được thu nhỏ. Chúng ta sẽ có thể đọc suy nghĩ và điều khiển đồ vật bằng ý nghĩ.

Anh ta ngay lập tức tưởng tượng ra những món xa xỉ đắt tiền, như xe limousine, hàng triệu đô la tiền mặt và lâu đài. Vị thần biến điều ước thành hiện thực tức thì. Nhưng khi xem kỹ, anh ta đã bị sốc khi chiếc limousine không có tay nắm cửa hay động cơ, khuôn mặt trên tờ tiền bị nhòe và lâu đài thì trống trơn. Khi tưởng tượng vội vã, anh ta quên

rằng những hình ảnh này tồn tại trong trí tưởng tượng của mình chỉ là những ý tưởng chung chung.

Hơn nữa, thật đáng hoài nghi khi bạn có thể đọc được suy nghĩ của ai đó từ xa. Tất cả các phương pháp nghiên cứu cho đến nay (bao gồm điện não đồ, chụp cộng hưởng từ chức năng và điện cực trên não bộ) đòi hỏi phải tiếp xúc gần gũi với đối tượng.

Tuy nhiên, pháp luật có thể được thông qua để hạn chế việc đọc trái phép. Ngoài ra, có thể tạo ra các thiết bị bảo vệ suy nghĩ bằng cách gây nhiễu, chặn hoặc xáo trộn tín hiệu điện.

Đọc tâm trí thật sự vẫn cần nhiều thập kỷ nữa. Nhưng ít nhất, một máy quét cộng hưởng từ chức năng có thể hoạt động như một máy dò nói dối sơ khai. Nói dối khiến nhiều trung khu não sáng lên hơn là nói sự thật. Khi nói dối, bạn biết sự thật nhưng đang suy nghĩ về lời nói dối và những hậu quả vô tận của nó, đòi hỏi nhiều năng lượng hơn là nói sự thật. Do đó, việc quét cộng hưởng từ chức năng não sẽ có thể phát hiện năng lượng phát sinh này. Hiện nay, cộng đồng khoa học có một nơi đặt chỗ trước về việc sử dụng các máy dò nói dối cộng hưởng từ chức năng, đặc biệt ở tòa án. Công nghệ này vẫn còn quá mới để cung cấp phương pháp phát hiện lời nói dối dễ dàng. Các nhà phát minh nói cần các nghiên cứu sâu hơn để tinh chỉnh độ chính xác. Công nghệ này hiện nay vẫn dừng lại ở đây.

Hiện có hai công ty thương mại cung cấp máy dò nói dối dựa trên chụp cộng hưởng từ chức năng, tuyên bố tỷ lệ thành công hơn 90%. Một tòa án ở Ấn Độ đã sử dụng máy cộng hưởng từ chức năng để xử án và tòa án Mỹ cũng sử dụng máy này trong một số trường hợp.

Máy dò nói dối thông thường không đo được những lời nói dối; chúng chỉ đo các dấu hiệu căng thẳng, chẳng hạn như tăng tiết mồ hôi (bằng cách phân tích độ dẫn của da) và tăng nhịp tim. Quét não cho phép đo sự tăng hoạt động não bộ, nhưng mối tương quan giữa điều này và nói dối vẫn còn cần phải được chứng minh một cách thuyết phục để áp dụng trong tòa án.

Có thể sẽ cần thêm nhiều năm thử nghiệm cẩn thận để khám phá các giới hạn và độ chính xác của phương pháp phát hiện nói dối dựa trên chụp cộng hưởng từ chức năng. Trong khi đó, Quỹ MacArthur gần đây đã tài trợ 10 triệu đô la cho dự án Luật và Khoa học thần kinh nhằm xác định ảnh hưởng của khoa học thần kinh đến luật pháp.

QUÉT CỘNG HƯỞNG TỪ CHỨC NĂNG NÃO CỦA TÔI

Tôi đã từng quét não bằng phương pháp chụp cộng hưởng từ chức năng. Để làm phim tài liệu cho kênh BBC/Discovery, tôi đã bay đến Đại học Duke, họ đặt tôi trên một cái cáng, sau đó đưa tôi vào một hình trụ kim loại khổng lồ. Khi một nam châm khổng lồ, từ trường cao được bật lên (gấp 20.000 lần từ trường Trái đất), các nguyên tử trong não tôi được liên kết với từ trường, giống như con quay có trục chỉ theo một hướng. Sau đó, một xung vô tuyến được gửi vào não tôi, giúp lật ngược một số hạt nhân của các nguyên tử. Khi hạt nhân cuối cùng trở lại bình thường, chúng phát ra một xung nhỏ, hoặc "tiếng vọng", có thể đo được bằng máy chụp cộng hưởng từ chức năng. Bằng cách phân tích những tiếng vọng này, máy tính có thể xử lý các tín hiệu, sau đó lắp ráp lại bản đồ 3-D bên trong não tôi.

Toàn bộ quá trình hoàn toàn không đau và vô hại. Bức xạ được gửi vào cơ thể tôi là bức xạ không ion hóa và không gây hại cho tế bào bằng cách tách rời các nguyên tử. Ngay cả khi bị treo trong một từ trường mạnh hơn hàng ngàn lần so với Trái đất, tôi không thấy có sự thay đổi nào trong cơ thể mình.

Mục đích quét cộng hưởng từ chức năng là xác định chính xác vị trí sinh ra một số ý nghĩ trong đầu tôi. Đặc biệt, có một "đồng hồ" sinh học nhỏ xíu bên trong bộ não của bạn, ngay giữa hai mắt, đằng sau mũi, nơi não tính giây và phút. Chấn thương phần tinh tế này của não gây ra cảm giác bị bóp méo thời gian.

Khi ở bên trong máy quét, tôi được yêu cầu đếm giây và phút. Sau đó, khi hình ảnh của cộng hưởng từ chức năng hiện lên, tôi có thể thấy

rõ một điểm sáng ngay sau mũi khi tôi đếm số giây. Tôi nhận ra mình đang chứng kiến sự ra đời của một khu vực sinh học hoàn toàn mới: theo dõi các vị trí chính xác trong não liên kết với những suy nghĩ nhất định, một dạng đọc tâm trí.

THIẾT BỊ KHÁM SỨC KHỎE CẦM TAY TRICORDER VÀ MÁY QUÉT NÃO DI ĐỘNG

Trong tương lai, máy cộng hưởng từ không cần phải là thiết bị khổng lồ, nặng vài tấn và chiếm cả căn phòng như trong các bệnh viện ngày nay. Nó có thể nhỏ như một chiếc điện thoại di động hoặc thậm chí như một đồng xu.

Năm 1993, Bernhard Blümich và các cộng sự, khi đang ở Viện nghiên cứu Polymer Max Planck ở Mainz, Đức, nhấn mạnh vào một ý tưởng mới có thể tạo ra các máy chụp cộng hưởng từ nhỏ. Họ đã chế tạo một cỗ máy mới, gọi là MRI-MOUSE (thiết bị thám hiểm bề mặt di động), cao khoảng 30 cm, có thể ngày nào đó sẽ cho chúng ta máy chụp cộng hưởng từ nhỏ như tách cà phê và được bán trong các cửa hàng bách hóa. Điều này có thể cách mạng hóa y học, vì chúng ta có thể tự thực hiện quét cộng hưởng từ tại nhà. Blümich hình dung vào một ngày không quá xa, con người có thể dùng MRI-MOUSE cá nhân quét trên da và nhìn vào bên trong cơ thể mình bất cứ lúc nào trong ngày. Máy tính sẽ phân tích hình ảnh và chẩn đoán mọi vấn đề. "Thứ gì đó giống như thiết bị khám sức khỏe cầm tay tricorder trong phim *Du hành giữa các vì sao* không phải là quá xa vời." Ông kết luận.

(Quét cộng hưởng từ hoạt động trên nguyên lý tương tự như kim la bàn. Cực bắc của kim la bàn xoay tức thì cùng hướng với từ trường. Vì vậy, khi cơ thể được đặt trong máy MRI, hạt nhân của các nguyên tử, như kim la bàn, sẽ định hướng theo hướng từ trường. Tiếp theo một xung vô tuyến được gửi vào cơ thể khiến cho hạt nhân lật ngược xuống, cuối cùng, hạt nhân quay trở lại vị trí ban đầu, phát ra một xung tuyến thứ hai hay còn gọi là "tiếng vọng".)

Chìa khóa cho máy chụp cộng hưởng từ mini là các từ trường không đồng nhất. Lý do chủ yếu khiến máy MRI ngày nay quá cồng kềnh là do bạn cần phải đặt cơ thể trong một từ trường cực kỳ đồng nhất. Độ đồng nhất của từ trường càng lớn, kết quả ảnh càng chi tiết, ngày nay có thể đạt độ phân giải một phần mười milimet. Để có được từ trường đồng nhất này, các nhà vật lý lấy hai cuộn dây lớn, đường kính khoảng 60 cm, xếp chồng lên nhau. Đó là cuộn dây Helmholtz, tạo ra một từ trường đồng nhất trong không gian giữa hai cuộn dây. Cơ thể người được đặt dọc theo trục của hai nam châm lớn này.

Nhưng nếu bạn sử dụng từ trường không đồng nhất, hình ảnh thu được sẽ méo mó, không thể sử dụng được. Đây là vấn đề với máy MRI trong nhiều thập kỷ. Nhưng Blümich đã tìm ra một cách thông minh để bù đắp cho sự biến dạng này bằng cách gửi nhiều xung vô tuyến vào mẫu rồi đo các tiếng vọng. Sau đó, sử dụng máy tính để phân tích những tiếng vọng này và tái tạo lại sự biến dạng được tạo ra bởi các từ trường không đồng nhất.

Ngày nay, máy MRI-MOUSE di động của Blümich sử dụng một nam châm hình chữ U nhỏ tạo ra cực bắc và cực nam ở mỗi đầu. Nam châm này được đặt trên đầu bệnh nhân và bằng cách di chuyển nam châm, người ta có thể soi vài xentimét dưới da. Không giống như các máy MRI tiêu chuẩn, tiêu thụ một lượng lớn năng lượng và phải có các ổ cắm điện đặc thù, MRI-MOUSE chỉ hao tốn lượng điện như một bóng đèn thông thường.

Trong một số thử nghiệm ban đầu, Blümich đặt MRI-MOUSE lên trên lốp cao su, mềm mại như mô người. Điều này có thể trở thành ứng dụng thương mại tức thì: quét nhanh lỗi sản phẩm. Máy MRI thông thường không thể dùng được trên các vật chứa kim loại, chẳng hạn như lốp mành song song thép không gỉ. Do MRI-MOUSE chỉ sử dụng từ trường yếu nên nó không bị giới hạn như vậy. (Từ trường của một máy cộng hưởng từ thông thường mạnh gấp 20.000 lần từ trường Trái đất. Nhiều y tá và kỹ thuật viên đã bị chấn thương nặng khi từ

trường được bật lên và rồi các công cụ kim loại đột nhiên bay ra, đập vào người họ. MRI-MOUSE không gặp vấn đề trên.)

Chiếc máy này không chỉ phù hợp để phân tích các vật có thành phần kim loại từ tính mà còn có thể phân tích các đối tượng quá lớn với một máy cộng hưởng từ thông thường hoặc không thể di dời. Ví dụ, vào năm 2006, MRI-MOUSE đã chụp thành công hình ảnh bên trong người băng Ötzi, xác ướp được tìm thấy trong dãy núi Alps vào năm 1991. Bằng cách di chuyển nam châm hình chữ U qua Ötzi, nó có thể tạo ra từng lớp hình ảnh cơ thể đóng băng của xác ướp.

Trong tương lai, MRI-MOUSE có thể thu nhỏ hơn nữa, cho phép quét cộng hưởng từ não bằng cách sử dụng thiết bị có kích thước như một chiếc điện thoại di động. Việc quét não để đọc suy nghĩ của người khác có thể sẽ không gặp khó khăn gì. Cuối cùng, máy quét cộng hưởng từ có thể mỏng như một đồng xu đến nỗi khó nhận ra. Nó thậm chí có thể giống như máy điện não đồ, nơi bạn đặt một nắp nhựa với nhiều điện cực gắn trên đầu. (Nếu bạn đặt các đĩa MRI di động này trên đầu ngón tay và sau đó đặt chúng trên đầu một người, sẽ giống như hành động đọc tâm trí trong phim *Du hành giữa các vì sao*.)

SIÊU NĂNG NGOẠI CẢM VÀ QUYỀN NĂNG CỦA CHÚA

Điểm cuối của sự tiến triển này là đạt được siêu năng ngoại cảm, sức mạnh của các vị thần để di chuyển đồ vật bằng ý nghĩ.

Ví dụ, trong phim *Chiến tranh giữa các vì sao*, Thần Lực là một trường năng lượng bí ẩn tràn ngập thiên hà và giải phóng sức mạnh tinh thần của các hiệp sĩ Jedi, cho phép họ điều khiển đối tượng bằng tâm trí. Thanh gươm ánh sáng, súng bắn tia và thậm chí toàn bộ các phi thuyền có thể được nâng lên bằng sức mạnh của Thần Lực – và để kiểm soát hành động của người khác.

Nhưng chúng ta sẽ không phải di chuyển đến một thiên hà xa xôi để khai thác sức mạnh này. Đến năm 2100, khi bước vào một căn

phòng, ta có thể điều khiển máy tính bằng tâm trí và máy tính này sẽ điều khiển mọi thứ xung quanh. Ta có thể di chuyển đồ đạc nặng, dọn bàn, sửa chữa... chỉ bằng cách suy nghĩ về nó. Điều này có thể khá hữu ích cho công nhân, đội cứu hỏa, phi hành gia và binh sĩ phải vận hành máy móc đòi hỏi nhiều hơn hai tay. Nó cũng có thể thay đổi cách chúng ta tương tác với thế giới. Chúng ta có thể đi xe đạp, lái xe, chơi golf hoặc chơi bóng chày hoặc trò chơi phức tạp chỉ bằng cách nghĩ về chúng.

Chúng ta sẽ thảo luận cụ thể hơn về việc sử dụng vật liệu siêu dẫn để dịch chuyển đồ vật bằng ý nghĩ trong Chương 4. Đến cuối thế kỷ này, các nhà vật lý có thể tạo ra các chất siêu dẫn hoạt động ở nhiệt độ phòng, do đó cho phép tạo ra từ trường khổng lồ với rất ít năng lượng. Nếu thế kỷ 20 là kỷ nguyên của điện, thì tương lai với chất siêu dẫn ở nhiệt độ phòng sẽ mở ra kỷ nguyên của từ trường.

Để tạo ra từ trường mạnh hiện nay rất tốn kém nhưng có thể trở nên gần như miễn phí trong tương lai. Điều này sẽ cho phép giảm ma sát trong xe lửa và xe tải, cách mạng hóa giao thông và loại bỏ tổn thất trong truyền tải điện. Điều này cũng sẽ cho phép di chuyển đồ vật bằng suy nghĩ tuyệt đối. Với những siêu nam châm nhỏ xíu đặt bên trong các vật thể khác nhau, chúng ta sẽ có thể di chuyển chúng xung quanh gần như theo ý muốn.

Trong tương lai gần, chúng ta sẽ giả định rằng mọi vật đều có một con chip nhỏ bên trong, làm cho chúng trở nên thông minh. Trong tương lai xa, chúng ta sẽ giả định rằng mọi vật có một chất siêu dẫn nhỏ bên trong có thể tạo ra năng lượng từ, đủ để di chuyển nó qua một căn phòng. Ví dụ, giả sử một cái bàn có gắn một chất siêu dẫn. Thông thường, chất siêu dẫn này không mang dòng điện. Nhưng khi một dòng điện nhỏ được thêm vào, nó có thể tạo ra một từ trường mạnh, có khả năng di chuyển bàn trong phòng. Bằng cách suy nghĩ, chúng ta sẽ có thể kích hoạt siêu nam châm gắn trong một vật và do đó làm cho nó di chuyển.

Ví dụ, trong phim *X-Men* (Dị nhân), dị nhân phản diện đứng đầu là Magneto, người có thể di chuyển các vật thể khổng lồ bằng cách điều khiển các đặc tính từ tính của chúng. Trong một cảnh phim, ông ta thậm chí còn di chuyển Cầu Cổng Vàng bằng sức mạnh của tâm trí. Nhưng có giới hạn cho sức mạnh này. Ví dụ, rất khó để di chuyển một vật không có từ tính như nhựa hoặc giấy. (Ở cuối tập đầu *X-Men*, Magneto bị giam trong một nhà tù hoàn toàn bằng nhựa.)

Trong tương lai, các chất siêu dẫn ở nhiệt độ phòng có thể được gắn bên trong các đồ vật thông thường, thậm chí cả trong các vật liệu không từ tính. Nếu cho một dòng điện đi qua vật đó, nó trở nên có từ tính và do đó có thể được di chuyển bởi một từ trường bên ngoài được điều khiển bởi suy nghĩ của bạn.

Chúng ta cũng sẽ có sức mạnh để thao tác robot và người đại diện bằng suy nghĩ. Giống như trong phim *Surrogates* (Kẻ thay thế) và *Avatar* (Thế thân), chúng ta có thể kiểm soát chuyển động của người thay thế và thậm chí cảm thấy đau đớn và áp lực. Điều này có thể hữu ích nếu chúng ta cần một cơ thể siêu nhân để sửa chữa ngoài không gian hay giải cứu con người trong trường hợp khẩn cấp. Có lẽ một ngày nào đó, các phi hành gia có thể an toàn trên Trái đất, kiểm soát các robot siêu nhân khi chúng di chuyển trên Mặt trăng. Chúng ta sẽ thảo luận điều này kỹ hơn trong chương tiếp theo.

Chúng ta cũng nên chỉ ra rằng sở hữu sức mạnh siêu năng này không phải là không có rủi ro. Như tôi đã đề cập trước đó, trong phim *Hành tinh cấm*, một nền văn minh cổ đại hàng triệu năm sau chúng ta đã đạt được giấc mơ là khả năng kiểm soát vạn vật với sức mạnh của tâm trí. Một ví dụ nhỏ về công nghệ của họ, họ đã tạo ra một cỗ máy có thể biến suy nghĩ thành hình ảnh ba chiều. Bạn đặt thiết bị lên đầu, tưởng tượng một cái gì đó và hình ảnh 3-D sẽ hiện ra bên trong máy. Mặc dù thiết bị này có vẻ cao cấp không tưởng đối với khán giả điện ảnh vào những năm 1950, nó sẽ có mặt trong những thập kỷ tới. Ngoài ra, trong phim, có một thiết bị khai thác

năng lượng tinh thần để nâng vật nặng lên. Nhưng như chúng ta biết, chúng ta không phải đợi hàng triệu năm để có công nghệ này - nó đã ở đây, dưới dạng một món đồ chơi. Bạn đặt các điện cực điện não đồ lên đầu, đồ chơi phát hiện các xung điện của não, và sau đó nó nâng một vật nhỏ, giống như trong phim. Trong tương lai, nhiều trò chơi sẽ được chơi bởi suy nghĩ tuyệt đối. Các đội có thể di chuyển một quả bóng bằng cách suy nghĩ về nó, và đội có thể di chuyển quả bóng bằng tinh thần tốt nhất sẽ thắng.

Đỉnh cao công nghệ trong phim *Hành tinh cấm* có thể khiến chúng ta dừng lại suy nghĩ. Mặc dù công nghệ của họ phát triển mạnh mẽ, nhưng người ngoài hành tinh đã thiệt mạng vì họ không nhận ra lỗi trong kế hoạch của mình. Các máy móc có sức mạnh lớn không chỉ khai thác những suy nghĩ có ý thức mà còn cả những ham muốn tiềm thức. Những suy nghĩ tàn nhẫn, những kí ức bị kìm nén lâu dài về quá khứ tiến hóa bạo lực đã trở lại, và những cỗ máy này đã biến mọi cơn ác mộng tiềm thức thành hiện thực. Vào đêm trước khi đạt được sáng tạo vĩ đại nhất của họ, nền văn minh hùng mạnh này đã bị phá hủy bởi chính công nghệ mà họ hy vọng sẽ giải phóng họ khỏi công cụ.

Dù vậy, đây vẫn là một mối nguy hiểm xa xôi cho con người. Một thiết bị tiên tiến như vậy sẽ không có sẵn cho đến thế kỷ 22. Tuy nhiên, chúng ta phải đối mặt với một vấn đề khác. Đến năm 2100, chúng ta cũng sẽ sống trong cùng một thế giới với những con robot có tính cách giống con người. Điều gì xảy ra nếu chúng trở nên thông minh hơn chúng ta?

Liệu robot có kế thừa Trái đất không? Có, nhưng chúng sẽ là con cháu của con người.

—MARVIN MINSKY

7 TƯƠNG LAI CỦA TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Sự trỗi dậy của máy móc

Các vị thần trong thần thoại với quyền năng thiêng liêng có thể thổi hồn vào các vật vô tri. Theo Kinh Thánh, trong sách Sáng Thế, Chương 2, Đức Chúa Trời đã tạo ra con người từ bụi, rồi "thổi sinh khí vào lỗ mũi, và con người có được sinh mệnh." Theo thần thoại Hy Lạp và La Mã, nữ thần Venus có thể làm cho các bức tượng sống dậy. Thần Venus, thương cảm cho nghệ sĩ Pygmalion khi anh ta yêu trong vô vọng chính bức tượng do mình tạo ra, đã hiện thực hóa điều ước thầm kín nhất của anh và biến bức tượng đó thành một người phụ nữ xinh đẹp, Galatea. Thần thợ rèn Vulcan thậm chí có thể tạo ra một đội quân bằng kim loại và biến chúng thành đội quân sống.

Ngày nay, chúng ta giống như thần Vulcan, tạo ra máy móc từ phòng thí nghiệm, thổi sinh khí không phải vào đất sét mà là vào thép và silic. Nhưng liệu điều đó sẽ giải phóng hay nô lệ hóa con người? Chỉ cần lướt các tiêu đề báo chí ngày nay, có vẻ như câu hỏi này đã được giải đáp: loài người sắp bị chính thứ mình tạo ra vượt qua nhanh chóng.

HỒI KẾT CỦA NHÂN LOẠI?

Một tiêu đề trên tờ *New York Times* đã thể hiện rõ điều này: "Các nhà khoa học lo ngại máy móc có thể thông minh vượt trội con người."

Những tổ chức đi đầu thế giới về trí tuệ nhân tạo (AI) đã tập trung tại hội nghị Asilomar ở California vào năm 2009 để thảo luận về điều xảy ra khi máy móc thay thế con người. Như trong một cảnh phim Hollywood, các đại biểu đã hỏi những câu thăm dò, như: điều gì sẽ xảy ra nếu một robot trở nên thông minh như người bạn đời của bạn?

Để đưa ra bằng chứng thuyết phục về cuộc cách mạng robot này, người ta nhắc đến Predator, máy bay robot không người lái có thể nhắm vào những kẻ khủng bố với độ chính xác chết người ở Afghanistan và Pakistan; những chiếc xe hơi tự lái; và ASIMO, robot tiên tiến nhất thế giới có thể đi bộ, chạy, leo cầu thang, khiêu vũ và thậm chí phục vụ cà phê.

Eric Horvitz từ Microsoft, trong ban tổ chức hội nghị này, nhận thấy sự phấn khích sôi nổi trong hội nghị, cho biết: "Các nhà công nghệ đang đưa ra các viễn cảnh gần như trong tôn giáo, và ý tưởng của họ theo một cách nào đó giống như ý tưởng về sự kiện Rapture trong Kinh Thánh." (Rapture – Sự cất Hội thánh lên trời là sự kiện các tín đồ trung thành được cất lên thiên đàng khi thế giới đi đến hồi kết, chờ ngày Chúa Tái Lâm. Phe chỉ trích thì gọi tinh thần của hội nghị Asilomar là "lũ đầu to mắt cận lên trời".)

Cùng mùa hè năm đó, các bộ phim thống trị màn bạc dường như thêm phần khuếch đại hình ảnh tận thế. Trong phim *Terminator Salvation* (Kẻ hủy diệt: Cứu rỗi), Quân Kháng chiến chiến đấu với đội quân người máy khổng lồ đã giành quyền kiểm soát Trái đất. Trong phim *Transformers: Revenge of the Fallen* (Robot đại chiến: Bại binh phục hận), robot tương lai đến từ không gian sử dụng người Trái đất như tốt thí và Trái đất như chiến trường cho các cuộc chiến tranh giữa các vì sao của chúng. Trong *Surrogates* (Kẻ thế mạng), con người lại sống như những con robot hoàn hảo, đẹp đẽ, siêu nhân tính, hơn là phải đối mặt với thực tế cơ thể bị lão hóa và phân rã.

Nếu dựa vào những tiêu đề báo và phim ra rạp, thì ngày tận thế của con người có vẻ đang đến rất gần. Các chuyên gia về trí tuệ nhân

tạo đang nghiêm túc tự hỏi: Liệu một ngày nào đó chúng ta sẽ phải nhảy nhót phía sau song chắn khi những con robot do chúng ta tạo ra ném đậu phộng vào mình, giống như ta vẫn đang làm với các con gấu trong vườn thú? Hay chúng ta sẽ trở thành thú cưng cho những tạo vật của chính mình?

Tuy nhiên, nhìn nhận kỹ lưỡng thì vấn đề không nghiêm trọng đến vậy. Chắc chắn đã có những bước đột phá to lớn trong một thập kỷ qua, nhưng chúng ta cần đánh giá mọi thứ ở góc độ hợp lý.

Chiếc Predator kia, một máy bay không người lái dài hơn tám mét, phóng tên lửa chết người vào những kẻ khủng bố từ bầu trời, là do con người điều khiển bằng cần điều khiển. Một người, rất có thể là một thanh niên trẻ có thâm niên chơi trò chơi điện tử, ngồi thoải mái phía sau màn hình máy tính và chọn mục tiêu. Chính con người, chứ không phải Predator, mới ra quyết định. Và những chiếc xe tự lái kia cũng không thể tự đưa ra quyết định khi quét đường và xoay vô lăng; chúng hoạt động dựa theo một bản đồ GPS được lưu trữ sẵn trong bộ nhớ. Vì vậy, cơn ác mộng về robot sát nhân, có ý thức và hoàn toàn tự động, vẫn còn trong tương lai xa.

Không có gì đáng ngạc nhiên khi trái ngược với những dự đoán giật gân của giới truyền thông, các nhận định đưa ra tại hội nghị Asilomar của hầu hết các nhà khoa học nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo lại thận trọng hơn nhiều. Trả lời cho câu hỏi khi nào máy móc sẽ thông minh như con người, các nhà khoa học đã đưa ra khoảng thời gian dao động đáng ngạc nhiên từ 20 đến 1.000 năm.

Theo đó, cần phân biệt hai loại robot. Loại thứ nhất được điều khiển từ xa bởi con người hoặc được lập trình sẵn và được viết sẵn như máy thu băng nhằm tuân theo những chỉ dẫn chính xác. Những robot loại này hiện đã có và vẫn thường lên báo. Chúng đang dần dần xuất hiện trong gia đình và cả ở ngoài chiến trường. Nhưng nếu không có con người đưa ra quyết định, chúng chỉ là những đống rác vô dụng. Vì vậy, những robot này không nên bị nhầm lẫn với loại thứ hai là những

robot tự động hoàn toàn, loại có thể tự suy nghĩ và không cần sự điều khiển của con người. Robot tự điều khiển chưa từng nằm trong tầm với của các nhà khoa học trong vòng nửa thế kỷ qua.

ROBOT ASIMO

Các nhà nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo thường lấy robot ASIMO (viết tắt của Advanced Step in Innovative Mobility – Bước tiến Vượt trội trong tính Di động đổi mới) của hãng Honda làm minh họa cho những tiến bộ mang tính cách mạng trong ngành robot. Robot ASIMO cao 1,3 m, nặng 54 kg, trông giống như một cậu bé đội mũ bảo hiểm có kính đen và đeo ba lô. ASIMO quả thực rất ấn tượng: nó có thể đi bộ, chạy, leo cầu thang và nói chuyện. Nó có thể đi quanh phòng, nhặt cốc và khay, đáp ứng một số mệnh lệnh đơn giản, thậm chí nhận diện một số khuôn mặt. Nó còn có vốn từ vựng phong phú và có thể nói nhiều ngôn ngữ. ASIMO là kết quả của 20 năm làm việc căng thẳng của đông đảo các nhà khoa học hãng Honda, những người đã tạo một kỳ quan ngành kỹ thuật.

Tôi đã may mắn được tương tác riêng với robot ASIMO trong hai dịp khác nhau, khi tổ chức chương trình khoa học chuyên đề cho kênh BBC và Discovery. Khi tôi bắt tay ASIMO, nó phản ứng lại y như con người. Khi tôi vẫy tay với nó, nó vẫy tay lại ngay. Và khi tôi yêu cầu nó lấy cho tôi một ít nước hoa quả, nó quay đi và tiến về phía bàn nước với những chuyển động giống con người đến kỳ lạ. ASIMO thật đến mức khi nó nói chuyện, tôi đã nửa ngờ rằng nó sẽ tự cởi mũ bảo hiểm để tôi sẽ tận mắt trông thấy một cậu bé trốn khéo léo ở bên trong. Nó thậm chí có thể khiêu vũ giỏi hơn cả tôi.

Thoạt trông, có vẻ như robot ASIMO khá thông minh, có khả năng đáp ứng các mệnh lệnh của con người, trò chuyện và đi bộ xung quanh một căn phòng. Nhưng thực tế lại không hẳn vậy. Khi tôi tương tác với ASIMO trước máy quay truyền hình, mọi chuyển động, mọi sắc thái của nó đều được lập trình cẩn thận. Thực tế, mất khoảng ba

giờ để quay một cảnh năm phút đơn giản với ASIMO. Và cũng phải cần tới một đội xử lý, những người này "điên cuồng" tái lập trình robot trên máy tính xách tay của họ sau khi chúng tôi quay từng cảnh. Mặc dù ASIMO nói chuyện với bạn bằng các ngôn ngữ khác nhau nhưng thực ra nó là một máy thu băng phát các tin nhắn được ghi lại. Nó chỉ đơn giản nhại lại những gì do con người lập trình. Mặc dù ASIMO trở nên tinh vi hơn mỗi năm, nhưng nó không có khả năng độc lập. Mọi từ, mọi cử chỉ, mọi bước đi đều phải được các chuyên gia xử lý cẩn thận.

Sau đó, tôi đã có một cuộc nói chuyện thẳng thắn với một trong những nhà phát minh của ASIMO, và ông thừa nhận rằng, mặc dù có những chuyển động và hành động khá giống với con người, ASIMO lại có trí thông minh của một con côn trùng. Hầu hết các chuyển động của nó phải được lập trình cẩn thận trước. Nó có thể đi lại hoàn toàn như thật, nhưng đường đi của nó phải được lập trình cẩn thận, nếu không nó sẽ vấp vào đồ đạc vì nó không thể nhận ra các đồ vật xung quanh căn phòng.

Hãy làm một phép so sánh: ngay cả một con gián cũng có thể nhận ra đồ vật, chạy vòng qua chướng ngại vật, tìm kiếm thức ăn và bạn tình, trốn tránh kẻ thù, xác định các tuyến đường thoát hiểm phức tạp, ẩn trong bóng tối và biến mất trong các vết nứt, tất cả chỉ trong vài giây.

Nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo Thomas Dean thuộc Đại học Brown đã thừa nhận rằng những robot kềnh càng mà ông đang tạo ra mới "đang ở giai đoạn đủ cứng cáp để đi xuống hành lang mà không đâm thủng tường thạch cao." Như chúng ta sẽ thấy trong các phần sau đây, các máy tính mạnh nhất hiện nay cũng chỉ có thể mô phỏng các tế bào thần kinh của một con chuột, và chỉ trong vài giây. Sẽ mất nhiều thập kỷ nghiên cứu tập trung cao độ nữa mới có thể tạo ra robot thông minh bằng một con chuột, thỏ, chó hoặc mèo, và sau đó mới là một con khỉ.

LỊCH SỬ CỦA TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Các nhà phê bình đôi khi chỉ ra một giản đồ, rằng cứ ba mươi năm một lần, các nhà hoạt động về trí tuệ nhân tạo lại tuyên bố robot siêu thông minh sẽ sớm xuất hiện. Sau đó, cứ khi nào có hoạt động kiểm tra, một làn sóng phản ứng dữ dội lại diễn ra.

Vào những năm 1950, khi máy tính điện tử được giới thiệu lần đầu tiên sau Thế chiến thứ II, các nhà khoa học đã làm lóa mắt công chúng với khái niệm về những cỗ máy có thể thực hiện được những điều kỳ diệu: nhặt đồ vật, chơi cờ và thậm chí giải toán đại số. Cứ như là những cỗ máy thông minh thực sự đã ở ngay trước mắt. Công chúng kinh ngạc; ngay sau đó báo đài tới tấp dự đoán thời điểm robot sẽ xuất hiện trong bếp nhà, nấu bữa tối hoặc dọn dẹp nhà cửa. Năm 1965, nhà tiên phong về trí tuệ nhân tạo, Herbert Simon tuyên bố: "Trong vòng 20 năm tới, máy móc sẽ có khả năng thực hiện bất kỳ công việc nào con người có thể làm." Nhưng sau đó thực tế không hẳn như vậy. Máy chơi cờ vua không thể thắng được chuyên gia về cờ, và nó chỉ có thể chơi cờ chứ không làm được bất cứ việc gì khác. Những robot đầu tiên này chỉ mới thực hiện được một nhiệm vụ đơn giản.

Trong thực tế, vào những năm 1950, đã có những bước đột phá đáng kể về trí tuệ nhân tạo, tuy nhiên do bị phóng đại quá mức, một làn sóng phản đối đã dấy lên. Năm 1974, đối diện với các chỉ trích ngày càng tăng, chính phủ Mỹ và Anh đã cắt giảm kinh phí, đánh dấu thời kỳ ngủ đông đầu tiên của nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo.

Ngày nay, nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo Paul Abrahams lắc đầu khi nhìn lại khoảng thời gian những năm 1950 khi còn là sinh viên cao học tại MIT và tại thời điểm đó dường như bất cứ điều gì cũng đều có thể. Ông nhớ lại: "Nó giống như là một nhóm người đã đề xuất xây một tòa tháp lên Mặt trăng. Mỗi năm họ tuyên bố đầy tự hào rằng tháp năm nay cao hơn năm trước bao nhiêu. Vấn đề duy nhất là họ chẳng đến gần Mặt trăng hơn là bao."

Trong những năm 1980, sự ủng hộ trí tuệ nhân tạo lại trỗi dậy đỉnh điểm một lần nữa. Lần này Lầu Năm Góc đổ hàng triệu đô la vào các dự án như xe tải thông minh có khả năng di chuyển ra sau phòng tuyến địch, thực hiện trinh sát, giải cứu quân đội Hoa Kỳ và trở về trụ sở, tất cả được thực hiện một cách tự động. Chính phủ Nhật Bản thậm chí còn đặt kỳ vọng vào dự án hệ thống máy tính thế hệ thứ năm đầy tham vọng, được tài trợ bởi Bộ Thương mại và Công nghiệp quốc tế của Nhật Bản. Mục tiêu của Dự án Thế hệ thứ năm là xây dựng một hệ thống máy tính có thể nói được ngôn ngữ đàm thoại, có khả năng lý luận đầy đủ, và thậm chí có thể dự đoán ý muốn con người, muộn nhất vào năm 1990.

Thật không may, điều duy nhất mà chiếc xe tải thông minh làm được là đi lạc. Và Dự án thế hệ thứ năm, sau nhiều lần phô trương, đã lặng lẽ chìm xuống không một lời giải thích. Một lần nữa, lời nói đi xa hơn thực tế. Thực ra đã có những tiến bộ về trí tuệ nhân tạo trong những năm 1980, tuy nhiên do khuếch đại quá mức, làn sóng phản đối thứ hai lại diễn ra, dẫn đến sự đóng băng trong nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo lần thứ hai, kinh phí nghiên cứu một lần nữa bị cạn kiệt và những nhà nghiên cứu thất vọng lũ lượt rời bỏ lĩnh vực này. Rõ ràng vẫn còn thiếu một điều gì đó.

Vào năm 1992, các nhà nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo đã có những cảm xúc lẫn lộn khi tổ chức một lễ kỷ niệm đặc biệt để vinh danh bộ phim *2001*, trong đó một chiếc máy tính có tên HAL 9000 hoạt động điên cuồng và tàn sát phi hành đoàn của một tàu vũ trụ. Bộ phim, được quay vào năm 1968, dự đoán rằng muộn nhất đến năm 1992 sẽ có những robot có thể tự do trò chuyện với bất kỳ ai về bất kỳ chủ đề nào và cũng có khả năng chỉ huy một phi thuyền. Thật không may, một sự thật đau đớn rằng ngay cả các robot tiên tiến nhất cũng khó theo kịp trí thông minh của một con bọ.

Năm 1997, robot Deep Blue của IBM đã có một bước đột phá lịch sử khi đánh bại nhà vô địch cờ vua thế giới Gary Kasparov. Deep

Blue là một kỳ quan, có thể tính toán 11 tỷ phép tính mỗi giây. Tuy nhiên, thay vì mở ra được cánh cửa cho nghiên cứu trí tuệ nhân tạo và tiến đến một thời đại mới, mọi việc đã diễn ra theo xu hướng hoàn toàn ngược lại. Điều này cho thấy nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo vẫn còn quá thô sơ. Rõ ràng là Deep Blue không có khả năng suy nghĩ. Nó có thể chơi cờ vua rất giỏi nhưng sẽ được 0 điểm khi tham gia vào một kỳ kiểm tra IQ. Sau chiến thắng này, chính kẻ thua cuộc, Kasparov, lại là người trả lời báo chí, vì Deep Blue không thể nói. Một cách miễn cưỡng, các nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo bắt đầu chấp nhận thực tế là công suất tính toán không thể so sánh với trí thông minh. Nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo Richard Heckler nói: "Ngày nay, bạn có thể đem 49 đô la mua các chương trình cờ vua có khả năng đánh bại hết thảy trừ các nhà vô địch thế giới, nhưng không ai cho rằng chúng thông minh cả."

Tuy nhiên theo định luật Moore, cứ sau 18 tháng lại có một thế hệ máy tính mới ra đời, sớm hay muộn, sự bi quan của thế hệ trước sẽ dần dần bị lãng quên và một thế hệ những người đam mê sáng tạo mới sẽ tiếp quản, tạo ra sự lạc quan và năng lượng mới trong lĩnh vực đã từng bị ngủ đông. Ba mươi năm sau kỳ ngủ đông cuối cùng, các máy tính đã đủ tiên tiến để thế hệ mới các nhà nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo lại một lần nữa đưa ra những dự đoán hy vọng về tương lai. Những người ủng hộ cho rằng thời của trí tuệ nhân tạo cuối cùng cũng đã đến. Lần này là thật. Quá tam ba bận. Nhưng nếu đúng như vậy, con người liệu có sớm trở nên lỗi thời hay không?

BỘ NÃO CÓ PHẢI LÀ MỘT MÁY TÍNH KỸ THUẬT SỐ?

Vấn đề cơ bản, như các nhà toán học hiện nay nhận ra, là thật sai lầm khi 50 năm trước họ cho rằng bộ não con người cũng tương tự như một máy tính số lớn. Nhưng hiện nay rõ ràng điều này là không đúng. Bộ não không có chip Pentium, không có hệ điều hành Windows, không có phần mềm ứng dụng, không có CPU, không được lập trình

và không có chương trình con nào giống như máy tính kỹ thuật số hiện đại. Trong thực tế, kiến trúc của các máy tính kỹ thuật số hoàn toàn khác so với bộ não; bộ não về một khía cạnh nào đó giống như một cỗ máy có khả năng học hỏi, nhận thức (machine learning), nó là một tập hợp các tế bào thần kinh thay đổi kết nối liên tục mỗi khi học một nhiệm vụ. (Mặt khác, một chiếc máy tính lại chẳng học được gì. Máy tính của bạn ngày hôm qua và hôm nay cũng đều ngớ ngẩn như nhau.)

Có ít nhất hai cách tiếp cận để mô hình hóa bộ não. Cách đầu tiên là phương pháp tiếp cận truyền thống từ trên xuống (top-down), trong đó các robot được xem như một máy tính kỹ thuật số và được lập trình tất cả các quy tắc thông minh ngay từ đầu. Một máy tính kỹ thuật số bản thân nó có thể được chia ra thành máy Turing, là một dạng thiết bị giả định được nhà toán học vĩ đại người Anh, Alan Turing, giới thiệu. Một máy Turing bao gồm ba thành phần cơ bản: một đầu vào, một bộ xử lý trung tâm phân tích dữ liệu và một đầu ra. Tất cả các máy tính kỹ thuật số đều dựa trên mô hình đơn giản này. Mục tiêu của phương pháp này là mã hóa bộ quy tắc thông minh lên một CD-ROM. Khi đọc đĩa, máy tính đột nhiên trở nên sống động và trở nên thông minh. Đĩa CD-ROM thần thoại này sẽ chứa tất cả các phần mềm cần thiết để tạo ra các máy thông minh.

Tuy nhiên, bộ não của chúng ta không có bất kỳ sự lập trình hay phần mềm nào cả. Bộ não như một "mạng lưới thần kinh", chính xác là một mớ các tế bào thần kinh hỗn độn phức tạp liên tục tự liên kết.

Các mạng lưới thần kinh đều tuân theo quy tắc Hebb: mỗi lần đưa ra quyết định đúng, những đường dẫn truyền thần kinh đó được củng cố. Nó thực hiện điều này bằng cách thay đổi cường độ của các kết nối điện nhất định giữa các tế bào thần kinh. (Quy tắc Hebb có thể được diễn đạt bằng một câu hỏi xưa: Một nhạc công làm gì để tới được Nhà hát Carnegie? Đáp án: luyện tập, luyện tập, và luyện tập. Đối với một mạng lưới thần kinh, luyện tập thường xuyên dẫn đến thành công. Quy tắc Hebb cũng giải thích lý do tại sao những thói quen xấu

rất khó phá vỡ: vì đường dẫn thần kinh đến một thói quen xấu đã được lặp đi lặp lại nhiều lần).

Mạng thần kinh dựa trên phương pháp tiếp cận từ dưới lên (bottom-up). Thay vì được cung cấp tất cả các quy tắc thông minh, mạng lưới thần kinh học như cách một đứa trẻ học, va vấp vào mọi thứ và đúc rút kinh nghiệm. Thay vì được lập trình, mạng thần kinh học theo cách cũ, thông qua trải nghiệm "trường đời".

Mạng thần kinh có kiến trúc hoàn toàn khác máy tính kỹ thuật số. Chỉ cần loại bỏ một bóng bán dẫn trong bộ xử lý trung tâm của máy tính kỹ thuật số, nó sẽ ngừng hoạt động. Nhưng nếu một phần não bộ lớn bị loại bỏ, nó vẫn có thể hoạt động nhờ có các bộ phận thay thế chức năng cho các phần bị thiếu. Ngoài ra, ta có thể định vị một cách chính xác nơi máy tính kỹ thuật số "nghĩ": đó chính là bộ xử lý trung tâm. Tuy nhiên, khi quét bộ não con người, kết quả cho thấy rõ ràng rằng sự suy nghĩ được trải ra trên khắp các phần của não. Các khu vực khác nhau sáng lên theo một trình tự chính xác, như thể những suy nghĩ bị đánh qua đánh lại như một quả bóng bàn.

Máy tính kỹ thuật số có thể tính toán ở tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng. Ngược lại, bộ não con người thì lại cực kỳ chậm chạp. Tốc độ di chuyển của xung thần kinh chỉ tương đương khoảng 321 km/h. Tuy nhiên, bộ não bù lại bằng nhiều tế bào thần kinh hoạt động song song, có nghĩa là, nó có 100 tỷ tế bào thần kinh hoạt động cùng một lúc, mỗi tế bào thực hiện một chút tính toán, đồng thời mỗi tế bào thần kinh được kết nối với 10.000 tế bào thần kinh khác. Trong một cuộc đua, một bộ xử lý đơn siêu tốc cũng sẽ bị bỏ xa bởi một bộ xử lý tuy chậm hơn nhưng lại vận hành song song. (Điều này cũng giống như một câu đố quen thuộc: nếu mỗi con mèo ăn một con chuột trong một phút, thì một triệu con mèo ăn một triệu con chuột trong bao lâu? Trả lời: vẫn là một phút.)

Ngoài ra, bộ não không phải là kỹ thuật số. Bóng bán dẫn bao gồm các cổng có thể mở hoặc đóng, được biểu thị bằng 1 hoặc 0. Các

tế bào thần kinh vừa là dạng số (chúng có thể lóe sáng hoặc không), vừa là dạng tương tự, chúng có thể truyền đi các tín hiệu liên tục cũng như các tín hiệu rời rạc.

HAI VẤN ĐỀ VỚI ROBOT

Với những hạn chế rõ ràng của máy tính so với bộ não con người, ta có thể xem xét lý do tại sao máy tính không thể hoàn thành hai nhiệm vụ chính mà con người có thể thực hiện một cách dễ dàng: nhận dạng mẫu và vận dụng lẽ thường. Hai vấn đề này vẫn đang đòi hỏi giải pháp trong nửa thế kỷ nay. Đây là lý do chính tại sao ta vẫn chưa có robot giúp việc, robot quản gia và robot thư ký.

Vấn đề đầu tiên là nhận dạng mẫu. Robot có thể nhìn tốt hơn nhiều so với con người, nhưng chúng không hiểu những gì chúng đang nhìn thấy. Khi một robot đi vào một căn phòng, nó chuyển đổi hình ảnh thành một mớ các chấm hỗn độn. Bằng cách xử lý các chấm này, nó có thể nhận ra một tập hợp các đường thẳng, hình tròn, hình vuông và hình chữ nhật. Sau đó, robot sẽ cố gắng so sánh từng khối hình này với các vật thể được lưu trữ trong bộ nhớ của nó – một nhiệm vụ cực kỳ tẻ nhạt ngay cả đối với một máy tính. Sau nhiều giờ tính toán, robot có thể thấy rằng các hình ảnh này tương ứng với ghế, bàn hay con người. Ngược lại, khi chúng ta bước vào một căn phòng, trong vòng một phần nhỏ của một giây, ta có thể nhận ra ghế, bàn, bàn làm việc và con người. Thật vậy, bộ não của chúng ta phần nhiều có thể coi là một máy có chức năng nhận dạng mẫu.

Thứ hai, robot không hiểu lẽ thường. Mặc dù chúng có thể nghe tốt hơn con người nhiều, nhưng lại không hiểu những gì nghe thấy. Như các ví dụ mệnh đề sau:

- Trẻ em ưa ngọt chứ không thích roi vọt
- Các sợi dây có thể kéo chứ không thể đẩy
- Gậy có thể đẩy chứ không thể kéo

- Các con vật không thể nói và hiểu được tiếng người
- Quay tròn làm ta chóng mặt

Đối với con người, mỗi câu ví dụ trên là thường tình. Nhưng với robot thì không phải thế. Không có dòng tư duy hoặc lập trình nào chứng minh rằng dây có thể kéo nhưng không thể đẩy. Chúng ta hiểu được những mệnh đề hiển nhiên này thông qua kinh nghiệm, không phải vì chúng được lập trình trong ký ức của chúng ta.

Vấn đề với cách tiếp cận từ trên xuống là có quá nhiều lẽ thường cần được lập trình để máy bắt chước suy nghĩ của con người. Ví dụ, ta sẽ cần hàng trăm triệu dòng mã để mô tả các lẽ thường tình mà một đứa trẻ sáu tuổi biết. Hans Moravec, cựu giám đốc phòng nghiên cứu trí tuệ nhân tạo tại Carnegie Mellon cho rằng: "Cho đến ngày nay, các chương trình trí tuệ nhân tạo không thể hiện rằng chúng thông hiểu lẽ thường – giả sử, một chương trình chẩn đoán y khoa có thể sẽ kê đơn kháng sinh cho một chiếc xe đạp bị hỏng vì nó thiếu mô hình xác định con người, bệnh tật hay xe đạp."

Tuy nhiên một số nhà khoa học bám víu vào niềm tin rằng trở ngại duy nhất để nắm vững ý thức chỉ là cách dùng tổng lực. Họ linh cảm rằng một dự án Manhattan mới, giống như chương trình xây dựng bom nguyên tử, chắc chắn sẽ giải quyết được vấn đề về lẽ thường với trí tuệ nhân tạo. Dự án nhằm tạo ra "bách khoa toàn thư về tư duy" này có tên là CYC, được bắt đầu xây dựng vào năm 1984. Nó được cho rằng sẽ là thành tựu vượt trội cho trí tuệ nhân tạo; dự án này mã hóa tất cả các chiều hướng lẽ thường thành một chương trình duy nhất. Tuy nhiên, sau nhiều thập kỷ làm việc cao độ, dự án CYC đã không đạt được mục tiêu như mong đợi.

Mục tiêu của CYC rất đơn giản: làm chủ "100 triệu vấn đề mà một người bình thường biết về thế giới cho đến năm 2007". Cũng như nhiều mốc thời hạn trước đó, mốc 2007 đã không thể đạt được. Mỗi cột mốc do các kỹ sư CYC đặt ra đã đến và đi, nhưng vẫn chưa một nhà khoa học nào tiến gần hơn tới việc nắm vững bản chất của trí tuệ.

CON NGƯỜI SO SÁNH VỚI MÁY MÓC

Tôi đã từng có cơ hội so tài với một robot trong một cuộc thi; robot này được chế tạo bởi Tomaso Poggio thuộc MIT. Mặc dù các robot đều không thể nhận dạng mẫu như con người chúng ta, Poggio đã có thể tạo ra một chương trình máy tính có thể tính toán nhanh chóng như con người trong một lĩnh vực cụ thể: "nhận biết tức thời". Đây là khả năng kỳ lạ của con người lập tức nhận ra một vật thể trước cả khi biết về sự tồn tại của nó. (Nhận biết tức thời là một chức năng quan trọng cho sự tiến hóa của loài người, vì tổ tiên của chúng ta chỉ có một khoảnh khắc để xác định liệu đang có một con hổ đang ẩn nấp trong bụi cây hay không, trước cả khi họ biết đến sự có mặt của nó.) Lần đầu tiên, một robot đã luôn đạt điểm cao hơn con người trong một cuộc kiểm tra thị giác.

Cuộc thi giữa tôi và máy khá đơn giản. Đầu tiên, tôi ngồi trên ghế và trước màn hình máy tính thông thường. Sau đó, một hình ảnh lóe lên trên màn hình trong giây lát, và tôi phải bấm thật nhanh một trong hai phím để chỉ ra tôi có nhìn thấy con vật trong bức tranh hay không. Tôi phải đưa ra quyết định càng nhanh càng tốt, ngay cả trước khi tôi có cơ hội để nhìn kỹ bức tranh. Máy tính cũng sẽ đưa ra quyết định cho cùng một hình ảnh.

Thật xấu hổ, sau nhiều lần kiểm tra nhanh, máy và tôi có kết quả gần như nhau. Nhưng có những lúc máy ghi được điểm số cao hơn đáng kể và bỏ xa tôi. Tôi đã bị một cái máy đánh bại. (Ít ra tôi vẫn được an ủi do được thông báo rằng máy tính cũng chỉ trả lời đúng 82%, trong khi con người trung bình đạt 80%.)

Chìa khóa cho sự thành công của cỗ máy Poggio sao chép các bài học từ Mẹ Thiên nhiên. Nhiều nhà khoa học đang nhận ra sự thật rằng: "Chiếc bánh xe đã được phát minh vậy tại sao không dùng lại nó?" Ví dụ, khi robot nhìn vào một bức tranh, nó thường cố gắng chia bức tranh đó thành một loạt các đường thẳng, hình tròn, hình vuông và các dạng hình học khác. Nhưng chương trình của Poggio thì khác.

Khi nhìn một bức tranh, đầu tiên chúng ta có thể thấy các đường nét của các vật khác nhau, sau đó là các đặc điểm khác nhau của mỗi vật, sau đó là phần đổ bóng cho các đặc điểm này... Vì vậy, chúng ta chia hình ảnh thành nhiều lớp. Ngay sau khi máy tính xử lý một lớp hình ảnh, nó kết hợp hình ảnh đó với lớp tiếp theo, và cứ tiếp tục như vậy. Bằng cách này, từng bước, từng lớp, nó bắt chước theo cách xử lý hình ảnh phân cấp của bộ não con người chúng ta. (Chương trình của Poggio không thể thực hiện tất cả các loại nhận dạng mẫu mà con người vẫn làm bình thường được, chẳng hạn như mường tượng thành vật thể ba chiều, nhận ra hàng nghìn vật thể từ các góc khác nhau..., tuy nhiên nó cũng đã đạt được một mốc quan trọng trong việc nhận dạng mẫu).

Sau đó, tôi đã có cơ hội trực tiếp chứng kiến cả hai cách tiếp cận từ trên xuống và từ dưới lên. Đầu tiên, tôi đến trung tâm trí tuệ nhân tạo của Đại học Stanford, nơi tôi gặp STAIR (Stanford Artificial Intelligence Robot), sử dụng phương pháp từ trên xuống. STAIR cao khoảng 1,2 m, với cánh tay cơ khí khổng lồ có thể xoay và nhấc đồ vật ra khỏi bàn. STAIR cũng có khả năng di chuyển, vì vậy nó có thể đi lang thang xung quanh một văn phòng hay quanh nhà. Robot này được trang bị một camera ba chiều có khả năng định vị một chủ thể và nạp hình ảnh 3-D vào máy tính, sau đó hướng dẫn cánh tay cơ khí để lấy vật đó. Các robot với chức năng nắm đồ vật như thế này xuất hiện từ những năm 1960, và ta có thể thấy chúng ở các nhà máy sản xuất ô tô ở Detroit.

Trông vậy nhưng lại chẳng phải vậy. STAIR có thể làm nhiều thứ hơn nữa. Không giống các robot ở Detroit, STAIR không được lập trình sẵn. Nó tự hoạt động. Ví dụ, nếu bạn yêu cầu lấy một quả cam, nó có thể phân tích hết các vật trên bàn, so sánh chúng với hàng ngàn hình ảnh đã được lưu trữ trong bộ nhớ, sau đó xác định quả cam và nhặt nó lên. Nó cũng có thể xác định các đồ vật chính xác hơn bằng cách lấy chúng và xoay chúng xung quanh.

Để kiểm tra khả năng của nó, tôi xáo đồ vật trên bàn rồi theo dõi xem điều gì xảy ra sau khi tôi yêu cầu STAIR nhặt một vật cụ thể. Tôi thấy STAIR đã phân tích được cách sắp xếp mới và sau đó với tay ra và nắm lấy đúng thứ tôi muốn. Mục tiêu sau cùng là để STAIR di chuyển trong môi trường gia đình và văn phòng, nhặt và tương tác với các đồ vật và công cụ khác nhau, thậm chí trò chuyện với mọi người bằng một ngôn ngữ đơn giản. Bằng cách này, nó sẽ có thể làm bất cứ nhiệm vụ văn thư nào trong văn phòng. STAIR là một ví dụ về cách tiếp cận từ trên xuống: mọi thứ được lập trình vào STAIR ngay từ đầu. (Mặc dù STAIR có thể nhận ra các đồ vật từ các góc khác nhau, nhưng nó vẫn bị hạn chế về số lượng đồ vật mà nó có thể nhận ra. Nó sẽ bị tê liệt nếu phải đi ra ngoài và nhận dạng các vật thể ngẫu nhiên).

Sau đó, tôi có cơ hội thăm Đại học New York, nơi Yann LeCun đang thử nghiệm một thiết kế hoàn toàn khác, LAGR (viết tắt của Learning Applied to Ground Robots). LAGR là một ví dụ về cách tiếp cận từ dưới lên: nó phải học mọi thứ từ đầu, bằng cách chạm vào mọi thứ. Nó có kích thước của một chiếc xe golf nhỏ và có hai camera lập thể màu có nhiệm vụ quét cảnh quan xung quanh, xác định các vật thể trên đường đi. Sau đó nó di chuyển qua các vật thể một cách cẩn thận tránh va chạm chúng, và học sau mỗi lần vượt qua đó. Nó được trang bị GPS và có hai cảm biến hồng ngoại có thể phát hiện các vật thể ở phía trước. Nó được trang bị ba chip Pentium cực mạnh và được kết nối với mạng Ethernet gigabit. Chúng tôi đã đến một công viên gần đó và cho robot LAGR có thể đi quanh những chướng ngại vật khác nhau. Mỗi lần hoàn thành nhiệm vụ, khả năng tránh chướng ngại vật của nó lại tốt hơn.

Một sự khác biệt quan trọng giữa LAGR và STAIR là LAGR được thiết kế đặc biệt để học. Mỗi lần LAGR va chạm vào thứ gì đó, nó di chuyển xung quanh đối tượng và học cách tránh đối tượng đó vào lần sau. Trong khi STAIR có hàng ngàn hình ảnh được lưu trữ trong bộ nhớ, LAGR hầu như không có bất kỳ hình ảnh nào trong bộ nhớ mà

thay vào đó tạo ra một bản đồ giả định của tất cả các chướng ngại vật và liên tục tinh chỉnh bản đồ đó. Không giống như những chiếc xe không người lái được lập trình và đi theo một lộ trình được thiết lập trước bằng GPS, LAGR hoàn toàn tự di chuyển, mà không có bất kỳ hướng dẫn nào từ con người. Bạn nói nó đi đâu và nó sẽ theo đó. Rồi một ngày nào đó, những robot như thế này có thể xuất hiện trên Hỏa Tinh, ngoài chiến trường và trong nhà của chúng ta.

Một mặt, tôi bị ấn tượng bởi sự nhiệt tình và năng lượng của các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực này. Trong thâm tâm, họ tin rằng mình đang đặt nền móng cho trí tuệ nhân tạo, và công việc của họ một ngày sẽ tác động đến xã hội theo những cách chúng ta chưa từng nghĩ tới. Nhưng ngược lại, tôi e rằng họ còn phải đi một chặng đường dài. Ngay cả một con gián cũng có thể xác định các vật thể và học cách đi vòng quanh chúng. Chúng ta vẫn đang ở giai đoạn mà những sinh vật thấp kém nhất của Mẹ Thiên nhiên vẫn thông minh hơn những robot thông minh nhất do chúng ta tạo ra.

TƯƠNG LAI GẦN (TỪ HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

CÁC HỆ THỐNG CHUYÊN GIA

Ngày nay, nhiều người đã sở hữu robot đơn giản để hút bụi. Ngoài ra còn có các robot tuần tra bảo vệ các tòa nhà vào ban đêm, robot hướng dẫn viên và robot công nhân. Năm 2006, ước tính có 950.000 robot công nghiệp và 3.540.000 robot dịch vụ làm việc nhà và văn phòng. Trong những thập kỷ tới, lĩnh vực robot có thể nở rộ theo nhiều hướng. Tuy nhiên, chúng sẽ không giống như trong những bộ phim khoa học viễn tưởng.

Ta có thể cảm nhận được tác động lớn nhất là sự phát triển của các hệ thống chuyên gia và chương trình phần mềm giúp mã hóa sự khôn ngoan và kinh nghiệm của con người vào robot. Như đã thấy

trong chương trước, một ngày, chúng ta có thể nói chuyện qua Internet trên màn hình tường và trò chuyện với khuôn mặt thân thiện của bác sĩ robot hay luật sư robot.

Lĩnh vực này gọi là thuật giải heuristics, tuân theo một hệ thống dựa trên luật hình thức (formal rule-based). Khi cần lập kế hoạch cho một kỳ nghỉ, chúng ta sẽ nói chuyện với gương mặt trên màn hình tường và đưa ra yêu cầu của mình: thời gian nghỉ, ở đâu, khách sạn nào, quãng giá. Hệ thống chuyên gia sẽ biết sở thích của chúng ta từ những kinh nghiệm trước đó rồi liên hệ với khách sạn, hãng hàng không... và cung cấp cho các tùy chọn tốt nhất. Nhưng thay vì tương tác theo kiểu tán gẫu, thân mật, chúng ta sẽ phải sử dụng một ngôn ngữ cách điệu khá trang trọng mà hệ thống hiểu được. Một hệ thống như vậy có thể nhanh chóng thực hiện bất kỳ công việc hữu ích nào. Bạn chỉ cần đưa ra yêu cầu, nó sẽ thực hiện việc đặt phòng tại một nhà hàng, kiểm tra vị trí của các cửa hàng, mua đồ tạp hóa, đặt vé máy bay...

Nhờ những tiến bộ về heuristics trong những thập kỷ qua mà ngày nay chúng ta có một số công cụ tìm kiếm khá đơn giản dẫu còn khá thô sơ. Rõ ràng bạn đang giao tiếp với một cỗ máy chứ không phải là con người. Tuy nhiên, trong tương lai, robot sẽ trở nên tinh vi đến mức gần như giống như con người, hoạt động uyển chuyển và tinh tế.

Có lẽ ứng dụng thực tiễn nhất là chăm sóc y tế. Ví dụ, bây giờ nếu bị ốm, bạn có thể phải đợi hàng giờ trong phòng cấp cứu để gặp bác sĩ. Trong tương lai gần, bạn có thể chỉ cần đi đến màn hình tường và nói chuyện với robot bác sĩ. Bạn sẽ có thể thay đổi khuôn mặt, thậm chí cả tính cách của robot bác sĩ bằng cách nhấn nút. Khuôn mặt thân thiện mà bạn nhìn thấy trên màn hình tường sẽ hỏi một câu hỏi đơn giản: Bạn cảm thấy thế nào? Bạn bị đau ở đâu? Cơn đau bắt đầu khi nào? Bao lâu bạn bị đau một lần?

Sau mỗi lần như vậy, bạn sẽ đáp lại bằng cách lựa chọn một bộ các câu trả lời đơn giản. Bạn sẽ không cần phải gõ trên bàn phím mà chỉ cần nói để trả lời.

Mỗi câu trả lời sẽ lần lượt dẫn đến các câu hỏi tiếp theo. Sau một loạt các câu hỏi như vậy, robot bác sĩ sẽ có thể cho chẩn đoán dựa trên kinh nghiệm tốt nhất của các bác sĩ trên thế giới. Robot bác sĩ cũng sẽ phân tích dữ liệu từ phòng tắm, quần áo và đồ nội thất của bạn, liên tục theo dõi sức khỏe bạn thông qua các con chip ADN. Nó có thể yêu cầu bạn kiểm tra cơ thể bằng một máy quét cộng hưởng từ di động, sau đó phân tích bằng các siêu máy tính. (Một số phiên bản nguyên thủy của các chương trình heuristic này đã tồn tại, chẳng hạn WebMD, nhưng chúng thiếu các sắc thái và chức năng đầy đủ của thuật giải heuristics.

Nhờ công nghệ này, bạn gần như không cần đi gặp bác sĩ, góp phần giảm tải đáng kể cho hệ thống chăm sóc sức khỏe. Nếu gặp bệnh nặng, robot bác sĩ sẽ khuyên bạn đến bệnh viện để các bác sĩ con người điều trị tập trung. Nhưng ngay cả ở đó, bạn sẽ thấy các chương trình trí tuệ nhân tạo, dưới hình thức y tá robot, như ASIMO. Những y tá robot này không thực sự thông minh nhưng có thể di chuyển từ phòng bệnh này sang phòng khác, cho thuốc và đáp ứng các yêu cầu khác của bệnh nhân. Chúng có thể di chuyển ở đường ray trên sàn nhà, hoặc di chuyển độc lập như ASIMO.

Một y tá robot hiện có là robot di động RP-6, được sử dụng tại các bệnh viện như Trung tâm Y tế UCLA. Nó về cơ bản là một màn hình ti vi gắn với một máy tính di động di chuyển trên con lăn. Trên màn hình ti vi, bạn nhìn thấy khuôn mặt video của một bác sĩ thực có thể cách xa hàng kilômét. Bác sĩ có thể nhìn thấy những gì robot đang xem nhờ một máy quay gắn trên robot. Ngoài ra còn có một tai nghe để bác sĩ nói chuyện với bệnh nhân. Bác sĩ có thể điều khiển robot từ xa thông qua cần điều khiển, tương tác với bệnh nhân, theo dõi thuốc... Vì hằng năm có khoảng năm triệu bệnh nhân ở Mỹ được chuyển đến các phòng chăm sóc đặc biệt, nhưng chỉ có 6.000 bác sĩ đủ khả năng xử lý bệnh nhân nặng, do đó robot có thể giúp giảm bớt khủng hoảng này của việc chăm sóc cấp cứu, nhờ đó một bác sĩ có thể chăm sóc cho

nhiều bệnh nhân. Trong tương lai, những robot như vậy có thể trở nên tự chủ hơn, có khả năng tự điều hướng và tương tác với bệnh nhân.

Nhật Bản là một trong những nước đi đầu thế giới trong công nghệ này. Họ chi bộn tiền cho robot để giảm bớt khủng hoảng sắp tới trong chăm sóc y tế. Nhìn lại, không có gì ngạc nhiên khi Nhật Bản là quốc gia hàng đầu về robot, vì nhiều lý do. Đầu tiên, theo Thần đạo, các vật vô tri vô giác đều được cho là có linh hồn. Kể cả những máy móc cơ khí. Ở phương Tây, trẻ em có thể hét lên vì sợ robot, đặc biệt là sau khi xem nhiều bộ phim về những cỗ máy giết người tàn bạo. Nhưng với trẻ em Nhật Bản, robot được xem là tốt bụng, vui tươi và hữu ích. Tại Nhật, không khó gặp robot lễ tân chào đón bạn khi bước vào cửa hàng bách hóa. Trên thực tế, 30% robot thương mại trên thế giới đều ở Nhật.

Thứ hai, Nhật Bản đang phải đối mặt với cơn ác mộng nhân khẩu học. Nhật Bản có dân số già hóa nhanh nhất. Tỷ lệ sinh đã giảm xuống mức đáng kinh ngạc trung bình 1,2 con trên một gia đình và lượng nhập cư không đáng kể. Một số nhà nhân khẩu học đã tuyên bố chúng ta đang xem chuyển động chậm của một con tàu đắm: một tàu nhân khẩu (dân số già và tỷ lệ sinh giảm) sẽ sớm va chạm với một con tàu khác (tỷ lệ nhập cư thấp) trong những năm tới. (Điều này cũng có thể xảy ra ở châu Âu.) Ứng dụng robot sẽ có tác dụng sâu sắc nhất trong lĩnh vực y tế, nơi một y tá như ASIMO tỏ ra hữu ích. Các robot như ASIMO khá lý tưởng cho các nhiệm vụ trong bệnh viện, như lấy thuốc, quản lý thuốc và theo dõi bệnh nhân 24 giờ một ngày.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

ROBOT MÔ-ĐUN

Cho đến giữa thế kỷ, thế giới của chúng ta có thể đầy robot, nhưng chúng ta thậm chí chẳng nhận ra. Vì hầu hết các robot có thể không

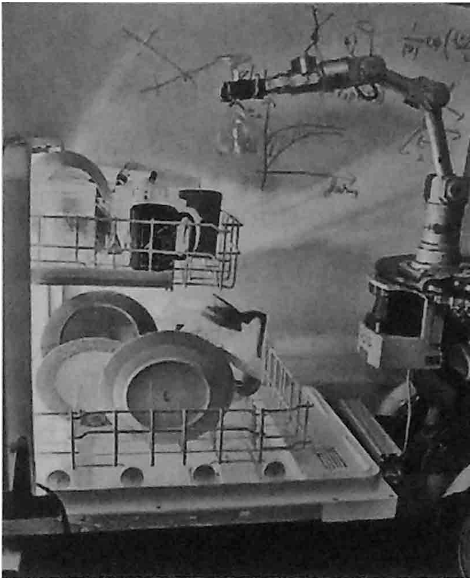
mang hình dạng con người nên có thể được ẩn thân, ngụy trang như rắn, côn trùng và nhện, thực hiện những nhiệm vụ khó chịu nhưng quan trọng. Đó là các robot mô-đun có thể thay đổi hình dạng tùy thuộc vào nhiệm vụ.

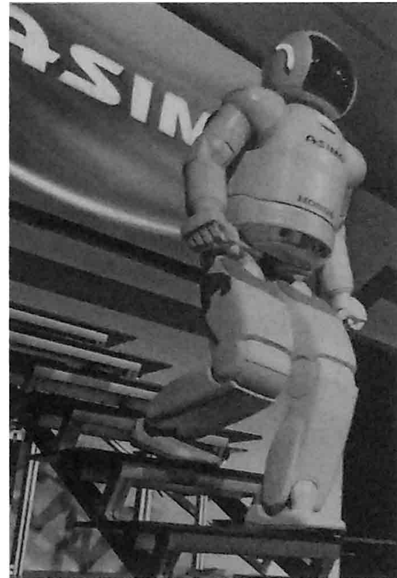
Tôi đã có cơ hội gặp gỡ một trong những nhà tiên phong ở lĩnh vực robot mô-đun, Weimin Shen của Đại học Nam California. Ông muốn tạo ra các mô-đun nhỏ có thể thay đổi như các khối lego và ráp lại theo ý muốn. Ông gọi đó là robot đa hình vì chúng có thể thay đổi hình dạng và chức năng. Trong phòng thí nghiệm của ông, tôi có thể thấy ngay sự khác biệt trong cách tiếp cận giữa ông và Stanford, MIT. Bề ngoài, các phòng thí nghiệm này như một ngôi nhà mơ ước của trẻ em, với robot đi lại và nói chuyện ở khắp nơi. Khi đến thăm các phòng thí nghiệm trí tuệ nhận tạo của Stanford và MIT, tôi thấy một loạt các robot "đồ chơi" có gắn chip và trí thông minh. Bàn làm việc bày đầy robot máy bay, trực thăng, xe tải và robot hình côn trùng có gắn chip, tất cả đều di chuyển tự động. Mỗi robot là một đơn vị khép kín.

Nhưng khi vào phòng thí nghiệm của USC, bạn sẽ thấy một thứ khá khác biệt. Ở đó có các hộp mô-đun hình khối, mỗi chiếc khoảng 5 cm^2, có thể nối với nhau hoặc tách biệt, cho phép tạo ra nhiều sinh vật. Bạn có thể tạo ra những con rắn trườn theo đường thẳng. Hoặc những vòng có thể lăn dọc. Sau đó, bạn có thể xoay những hình khối này hoặc nối chúng với các khớp hình chữ Y, để tạo ra một bộ thiết bị hoàn toàn mới giống như bạch tuộc, nhện, chó hoặc mèo. Nó giống như là một bộ Lego thông minh, với mỗi mảnh ghép thông minh và có khả năng tự sắp xếp thành một cấu trúc tưởng tượng bất kỳ.

Điều này sẽ hữu ích để vượt qua rào cản. Nếu một robot hình nhện đang bò trong hệ thống thoát nước và gặp một bức tường, đầu tiên nó sẽ tìm một lỗ nhỏ trên tường và tự tháo rời. Mỗi mảnh ghép sẽ được tháo ra từ đó, sau đó tự ráp lại ở phía bên kia của bức tường. Bằng cách này, những robot mô-đun sẽ gần như không thể ngăn cản, có thể vượt qua hầu hết các chướng ngại vật.







Các loại robot khác nhau: LAGR (trên cùng), STAIR (dưới cùng bên trái) và ASIMO (dưới cùng bên phải). Mặc dù công suất máy tính tăng nhanh, nhưng những robot này vẫn chỉ có trí thông minh của một con gián.

Những robot mô-đun này có thể rất quan trọng trong việc sửa chữa cơ sở hạ tầng đang xuống cấp. Ví dụ, vào năm 2007, cây cầu sông Mississippi ở Minneapolis sụp đổ làm 13 người chết và 145 người bị thương, có lẽ do nó đã quá cũ, quá tải và có lỗi thiết kế. Có lẽ hàng trăm vụ tai nạn tương tự đang chờ xảy ra trên khắp đất nước, nhưng chỉ đơn giản là tốn quá nhiều tiền để theo dõi mọi cây cầu hư hỏng và sửa chữa chúng. Robot mô-đun có thể đến những nơi này, cứu hộ, âm thầm kiểm tra cầu, đường, đường hầm, đường ống, nhà máy điện

và sửa chữa khi cần thiết. (Ví dụ, những cây cầu ở hạ Manhattan đã xuống cấp rất nhiều do bị ăn mòn, bỏ bê. Một công nhân còn tìm thấy chai Coca Cola từ thập niên 50 để lại, khi cây cầu được sơn lần cuối. Trên thực tế, một phần của cầu Manhattan cũ đến mức gần sụp đổ và phải đóng cửa để sửa chữa.)

ROBOT PHẪU THUẬT VÀ NẤU ĂN

Robot có thể được sử dụng như bác sĩ phẫu thuật cũng như đầu bếp và nhạc sĩ. Ví dụ, giới hạn quan trọng của phẫu thuật là sự khéo léo và chính xác của bàn tay con người. Giống như mọi người, bác sĩ phẫu thuật cũng mệt mỏi và giảm hiệu quả sau nhiều giờ làm việc. Ngón tay bắt đầu run rẩy. Robot có thể giải quyết những vấn đề này.

Ví dụ, phẫu thuật truyền thống bắc cầu động mạch vành cần rạch một vết cắt dài khoảng 30 cm ở giữa ngực và gây mê toàn thân. Mở khoang ngực làm tăng khả năng nhiễm trùng và thời gian phục hồi, gây đau dữ dội trong quá trình chữa bệnh và để lại sẹo. Nhưng hệ thống robot da Vinci có thể làm giảm thiểu những điều này. Nó có bốn cánh tay robot, một để điều khiển máy quay và ba cho phẫu thuật chính xác. Thay vì rạch một vết dài ở ngực, nó chỉ tạo ra một vài vết rạch nhỏ ở mặt bên cơ thể. Có 800 bệnh viện ở châu Âu và Bắc cũng như Nam Mỹ sử dụng hệ thống này; 48.000 ca mổ được tiến hành trong năm 2006 với robot này. Cũng có thể tiến hành phẫu thuật từ xa qua Internet, vì vậy một bác sĩ phẫu thuật tầm cỡ thế giới ở một thành phố lớn có thể thực hiện phẫu thuật cho bệnh nhân ở một khu vực nông thôn hẻo lánh trên một lục địa khác.

Trong tương lai, các phiên bản cao cấp hơn sẽ có thể thực hiện phẫu thuật trên các mạch máu siêu nhỏ, sợi thần kinh và mô bằng cách thao tác dao mổ, nhíp và kim hiển vi, mà ngày nay không thực hiện được. Trong tương lai, bác sĩ phẫu thuật sẽ hiếm khi phải cắt da. Phẫu thuật không xâm lấn sẽ trở thành tiêu chuẩn.

Nội soi (ống dài được đưa vào cơ thể có thể chiếu sáng và cắt mô) sẽ mỏng hơn sợi chỉ. Các máy móc vi mô nhỏ hơn cả dấu chấm câu sẽ đảm nhiệm các công việc cơ khí. (Trong một tập phim *Du hành giữa các vì sao*, bác sĩ McCoy hết sức ghê sợ khi thấy các bác sĩ trong thế kỷ hai mươi dùng thủ thuật cắt da.) Điều này sẽ trở thành hiện thực trong một tương lai không xa.

Sinh viên y khoa trong tương lai sẽ học cách cắt lớp hình ảnh ảo ba chiều của cơ thể con người, trong khi đó một robot trong căn phòng khác sao chép lại chuyển động của bàn tay.

Người Nhật rất giỏi sản xuất robot biết tương tác xã hội với con người. Ở Nagoya, đầu bếp robot có thể chuẩn bị xong bữa ăn trong vài phút. Bạn chỉ cần chọn thực đơn và đầu bếp robot sẽ nấu ngay trước mắt bạn. Được chế tạo bởi Aisei, một công ty robot công nghiệp, robot này có thể nấu mì trong 1 phút 40 giây và phục vụ 80 bát trong một ngày bận rộn. Đầu bếp robot trông rất giống với các robot trên dây chuyền lắp ráp ô tô ở Detroit. Chúng có hai cánh tay cơ khí lớn, được lập trình chính xác để di chuyển theo một trình tự nhất định. Tuy nhiên, thay vì vặn vít và hàn kim loại trong nhà máy, những ngón tay robot này lấy nguyên liệu từ một loạt bát đựng nước sốt, thịt, bột, nước chấm, gia vị... Những cánh tay robot pha trộn các nguyên liệu và tạo ra bánh sandwich, xa lát hay xúp. Đầu bếp Aisei trông giống như một con robot, với hai bàn tay khổng lồ nổi lên từ quầy bếp. Nhưng các mô hình khác đang được lên kế hoạch bắt đầu trông giống con người hơn.

Cũng ở Nhật, Toyota đã tạo ra một robot có thể chơi violin chuyên nghiệp như nghệ sĩ. Robot này khá giống ASIMO, ngoại trừ việc có thể lấy một cây đàn violin, đung đưa và tinh tế chơi các bản nhạc phức tạp. Âm thanh phát ra thật đáng kinh ngạc và robot có những cử chỉ như một nghệ sĩ bậc thầy. Mặc dù âm nhạc chưa tới cấp độ của một nghệ sĩ vĩ cầm hòa nhạc, nhưng vẫn đủ để thưởng thức. Tất nhiên, trong thế kỷ trước, chúng ta đã có những cỗ máy đàn piano cơ khí chơi những

giai điệu được ghi trên một đĩa quay lớn. Giống như những cỗ máy piano này, máy Toyota cũng được lập trình. Nhưng khác biệt là máy Toyota được cố tình thiết kế để bắt chước mọi tư thế và cử chỉ của một nghệ sĩ violin thực thụ.

Ngoài ra, tại Đại học Waseda ở Nhật Bản, các nhà khoa học đã tạo ra một robot thổi sáo. Robot này chứa các khoang rỗng trong ngực, giống như phổi, thổi không khí qua một chiếc sáo. Nó có thể chơi những giai điệu khá phức tạp như "Chuyến bay của Bumblebee". Chúng ta nên nhớ là những robot này không thể tạo ra âm nhạc mới, nhưng có thể cạnh tranh khả năng biểu diễn âm nhạc với con người.

Robot đầu bếp và robot nhạc công được lập trình cẩn thận. Chúng không tự động. Mặc dù phức tạp hơn máy chơi piano cũ, nhưng chúng vẫn hoạt động trên cùng một nguyên tắc. Robot giúp việc và robot quản gia thực sự vẫn còn trong tương lai xa. Nhưng hậu duệ của robot đầu bếp và robot chơi vĩ cầm hay robot thổi sáo có thể một ngày nào đó xuất hiện trong cuộc sống hàng ngày của chúng ta, thực hiện các chức năng cơ bản đã từng được cho là độc quyền của con người.

ROBOT CÓ CẢM XÚC

Đến tương lai trung hạn, kỷ nguyên của các robot mang cảm xúc có thể nở rộ.

Trong quá khứ, các nhà văn đã mơ tưởng về những con robot khao khát trở thành người và có cảm xúc. Trong truyện *Pinocchio*, chú rối gỗ ao ước trở thành một cậu bé thực sự. Trong truyện *Wizard of Oz* (Phù thủy xứ Oz), Người Thiếc muốn một trái tim. Và trong *Star Trek: Thế hệ tiếp theo*, Data cố gắng nắm bắt cảm xúc bằng cách kể chuyện cười và tìm ra điều khiến chúng ta cười. Thực tế, trong khoa học viễn tưởng, có một thông điệp lặp đi lặp lại rằng mặc dù robot có thể ngày càng thông minh, nhưng chúng sẽ không có cảm xúc thực sự. Một số nhà văn khoa học viễn tưởng tuyên bố robot có thể một ngày trở nên thông minh hơn chúng ta, nhưng chúng sẽ không thể khóc được.

Trên thực tế, điều đó có thể không đúng. Các nhà khoa học giờ đây đã hiểu được bản chất thực sự của cảm xúc. Đầu tiên, cảm xúc cho chúng ta biết điều gì tốt và điều gì có hại. Phần lớn mọi thứ trên thế giới đều hoặc là có hại hoặc không hữu ích lắm. Khi trải nghiệm cảm xúc "thích", chúng ta đang học cách xác định một phần nhỏ của những thứ trong môi trường có lợi cho chúng ta.

Trong thực tế, mỗi cảm xúc (ghét, ghen tuông, sợ hãi, yêu...) đã phát triển qua hàng triệu năm để bảo vệ con người khỏi nguy hiểm và giúp con người tiến hóa. Mọi cảm xúc đều giúp di truyền gen cho thế hệ tiếp theo.

Vai trò quan trọng của cảm xúc trong quá trình tiến hóa của loài người là rõ ràng đối với nhà thần kinh học Antonio Damasio thuộc Đại học Nam California, người đã phân tích các bệnh nhân chấn thương hoặc có bệnh lý về não. Ở một số bệnh nhân, mối liên hệ giữa phần suy nghĩ của bộ não (vỏ não) và trung khu cảm xúc (nằm sâu trong trung tâm của não, như hạch hạnh nhân) đã bị cắt. Những người này hoàn toàn bình thường, ngoại trừ việc gặp khó khăn khi thể hiện cảm xúc.

Vấn đề lập tức rõ ràng: họ không thể đưa ra lựa chọn. Mua sắm là một cơn ác mộng, vì mọi thứ đều có cùng giá trị với họ, dù đắt hay rẻ, sặc sỡ hay tinh vi. Đặt cuộc hẹn gần như là không thể, vì tất cả các ngày trong tương lai đều giống nhau. Ông nói, họ dường như "biết nhưng không cảm thấy".

Nói cách khác, một trong những mục đích chính của cảm xúc là cho chúng ta cảm nhận về giá trị, vì vậy chúng ta có thể quyết định cái gì là quan trọng, cái gì đắt tiền, cái gì đẹp, cái gì là quý giá. Không có cảm xúc, mọi thứ đều có cùng giá trị và chúng ta trở nên tê liệt bởi những quyết định bất tận, tất cả mọi thứ đều như nhau. Vì vậy, các nhà khoa học hiện đang bắt đầu hiểu rằng cảm xúc, chẳng phải thứ xa xỉ mà rất cần thiết cho trí thông minh.

Ví dụ, khi xem *Du hành giữa các vì sao* và thấy Spock, Data được cho là làm việc không có cảm xúc, bạn có thể nhận ra hạt sạn ngay

lập tức. Spock và Data luôn thể hiện cảm xúc ở mọi lúc: họ đã có một loạt các phán đoán giá trị. Họ quyết định rằng trở thành sĩ quan là quan trọng, họ cũng nhận ra cần phải thực hiện một số nhiệm vụ quan trọng, rằng mục tiêu của Liên bang là nhiệm vụ cao quý, rằng cuộc sống con người là quý giá... Vì vậy, thật ảo tưởng rằng bạn có thể có một sĩ quan vô cảm.

Robot có cảm xúc cũng có thể giải quyết vấn đề sinh tử. Trong tương lai, các nhà khoa học có thể tạo ra robot cứu hộ, được đưa vào các đám cháy, động đất, các vụ nổ... Chúng sẽ phải đưa ra hàng nghìn phán đoán giá trị để cứu ai và cứu cái gì theo thứ tự nào. Khảo sát sự tàn phá xung quanh, chúng sẽ phải sắp xếp thứ tự ưu tiên các nhiệm vụ cần thực hiện.

Cảm xúc cũng rất cần thiết nếu bạn nhìn lại sự tiến hóa của bộ não con người. Nếu nhìn vào các tính năng giải phẫu của bộ não, bạn nhận thấy rằng chúng có thể được chia thành ba phần lớn.

Đầu tiên, bạn có bộ não bò sát, được tìm thấy gần đáy sọ, tạo nên phần lớn bộ não của loài bò sát. Bộ phận này của não bộ kiểm soát các chức năng sống nguyên thủy, như thăng bằng, tấn công, lãnh thổ, tìm kiếm thức ăn... (Đôi khi, khi nhìn chằm chằm vào một con rắn cũng đang nhìn chằm chằm bạn, bạn sẽ có cảm giác đáng sợ. Bạn tự hỏi, con rắn đang nghĩ gì? Nếu lý thuyết này là đúng, thì con rắn không suy nghĩ nhiều, ngoại trừ việc bạn có phải là bữa trưa của nó hay không.)

Khi nhìn vào các sinh vật cấp cao hơn, chúng ta thấy bộ não đã mở rộng về phía trước của hộp sọ. Ở cấp độ tiếp theo, chúng ta có bộ não khỉ, hay hệ limbic, nằm ở trung tâm của não. Nó bao gồm các thành phần như hạch hạnh nhân, có liên quan đến việc xử lý cảm xúc. Động vật sống theo bầy đàn có hệ limbic phát triển rất tốt. Động vật đi săn theo đàn cần có mức độ cao về trí tuệ để hiểu các quy tắc của đàn. Vì thành công trong thế giới hoang dã phụ thuộc vào việc hợp tác với nhau, nhưng bởi không thể nói, những con vật này phải truyền đạt cảm xúc qua ngôn ngữ cơ thể, tiếng kêu, tiếng rên rỉ và cử chỉ.

Cuối cùng, chúng ta có vỏ não, là lớp phía trước và bên ngoài của não, có chức năng xác định nhân tính và điều chỉnh suy nghĩ hợp lý. Trong khi các loài động vật khác bị chi phối bởi bản năng và di truyền, con người sử dụng vỏ não để giải thích mọi thứ.

Nếu sự tiến triển theo tiến hóa này là chính xác, cảm xúc sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra robot tự động. Cho đến nay, các robot mới chỉ có bộ não bò sát. Chúng có thể đi bộ, tìm kiếm xung quanh và nhặt đồ, nhưng chỉ có vậy. Động vật xã hội, mặt khác, thông minh hơn những loài vật chỉ mang bộ não bò sát. Cảm xúc là cần thiết để động vật có tính xã hội và để làm chủ các quy tắc sống. Do đó, các nhà khoa học sẽ còn rất nhiều việc phải làm trước khi có thể mô hình hóa hệ limbic và vỏ não.

Cynthia Breazeal làm việc tại MIT đã thiết kế một robot đặc biệt để giải quyết vấn đề này. Robot này có tên KISMET, với khuôn mặt giống như một con tinh tinh nghịch ngợm. Nhìn qua, nó như là một sinh vật sống, tương tác với bạn qua những chuyển động trên khuôn mặt biểu lộ cảm xúc. KISMET có thể thể hiện một loạt các cảm xúc bằng cách thay đổi nét mặt. Trên thực tế, những người phụ nữ tiếp xúc với robot giống như trẻ con này thường nói chuyện với KISMET theo ngôn ngữ "người mẹ", giống như cách các bà mẹ nói chuyện với trẻ sơ sinh và trẻ nhỏ. Mặc dù robot như KISMET được thiết kế để bắt chước cảm xúc, nhưng các nhà khoa học không hề lầm tưởng rằng nó thực sự cảm nhận được cảm xúc. Theo nghĩa nào đó, nó giống như một máy ghi âm được lập trình không phải để tạo ra âm thanh, mà là để tạo ra những cảm xúc trên khuôn mặt, và không nhận thức được những gì đang làm. Việc không mất nhiều công sức lập trình để tạo ra một robot bắt chước cảm xúc giống con người là một bước đột phá của KISMET.

Những robot có cảm xúc này rồi sẽ xuất hiện trong từng ngôi nhà. Chúng sẽ không phải là bạn tri kỷ, thư ký hay người giúp việc của con người, nhưng có thể thực hiện công việc theo quy tắc dựa trên

thuật giải heuristic. Đến tương lai trung hạn, chúng có thể có trí thông minh của một con chó hay con mèo. Giống như một con vật cưng, chúng sẽ thể hiện mối liên kết tình cảm với chủ để không bị loại bỏ dễ dàng. Bạn sẽ không thể nói chuyện với chúng bằng tiếng Anh thông tục, nhưng chúng sẽ hiểu các lệnh được lập trình, có lẽ là hàng trăm lệnh. Nếu yêu cầu robot này làm một việc chưa được lưu trữ trong bộ nhớ (chẳng hạn như "đi thả diều"), nó sẽ nhìn bạn đầy tò mò, bối rối. (Nếu đến tương lai trung hạn, robot chó và robot mèo có thể thể hiện đầy đủ các phản ứng của động vật, không thể phân biệt được với động vật thực, thì câu hỏi đặt ra là liệu chúng có cảm nhận và thông minh như những con chó hay mèo bình thường không).

Sony đã thử nghiệm với những robot mang cảm xúc này khi sản xuất con chó AIBO (artificial intelligence robot – robot thông minh nhân tạo). Đó là món đồ chơi đầu tiên có những phản ứng tình cảm với chủ, mặc dù vẫn khá sơ sài. Ví dụ, nếu bạn vỗ lưng AIBO, nó sẽ ngay lập tức thì thầm, thốt ra những âm thanh nhẹ nhàng. Nó có thể đi lại, đáp ứng các lệnh thoại và thậm chí học ở một mức độ nào đó. AIBO không thể học cảm xúc mới cũng như không thể có các phản ứng tình cảm mới. (Dự án bị ngưng vào năm 2005 vì lý do tài chính, tuy nhiên đã gợi ra những nghiên cứu tiếp theo, nâng cấp phần mềm máy tính để AIBO có thể thực hiện nhiều nhiệm vụ hơn.) Trong tương lai, robot vật nuôi gắn bó với trẻ em có thể trở nên phổ biến.

Mặc dù robot vật nuôi sẽ có một thư viện cảm xúc lớn và gắn kết với trẻ em, nhưng chúng sẽ không cảm nhận được cảm xúc thực sự.

CÔNG NGHỆ ĐẢO NGƯỢC BỘ NÃO

Cho đến tương lai trung hạn, chúng ta sẽ có thể hoàn thành cột mốc tiếp theo trong lịch sử trí tuệ nhân tạo: kỹ nghệ đảo ngược bộ não con người. Các nhà khoa học thất vọng khi không thể tạo ra robot làm bằng silic và thép, họ đang cố gắng tiếp cận ngược lại: tách rời não, tách từng tế bào thần kinh – giống như một thợ cơ khí có thể tháo rời

động cơ bằng vít – và sau đó chạy mô phỏng các tế bào thần kinh này trên một máy tính lớn. Các nhà khoa học đang cố gắng mô phỏng hệ thống các tế bào thần kinh ở động vật, bắt đầu với chuột, mèo và các động vật tiến hóa cao hơn. Đây là một mục tiêu được xác định rõ ràng, và có lẽ sẽ đạt được đến tương lai trung hạn.

Fred Hapgood làm việc tại MIT viết: "Khám phá cách thức hoạt động của não – cách thức hoạt động *chính xác* của nó như chúng ta biết về động cơ – sẽ viết lại hầu hết mọi tài liệu trong thư viện."

Bước đầu tiên trong quá trình kỹ thuật đảo ngược não là hiểu cấu trúc cơ bản của nó. Ngay cả nhiệm vụ đơn giản này cũng là một quá trình dài và đau đớn. Trong lịch sử, các bộ phận khác nhau của bộ não đã được xác định trong quá trình khám nghiệm tử thi, mà không có một đầu mối nào về chức năng của chúng. Điều này dần thay đổi khi các nhà khoa học phân tích những người bị tổn thương não, và nhận thấy tổn thương một số phần nhất định của não tương ứng với những thay đổi trong hành vi. Những người bị đột quỵ hay chấn thương hoặc có bệnh lý về não có những thay đổi hành vi cụ thể, khớp với những chấn thương ở những phần cụ thể của não bộ.

Ví dụ ngoạn mục nhất về điều này là vào năm 1848 ở Vermont, khi một thanh kim loại dài 1,12 m đâm xuyên qua hộp sọ ông trưởng ga Phineas Gage. Vụ tai nạn lịch sử này xảy ra khi mìn vô tình phát nổ. Thanh kim loại đâm vào mặt, làm vỡ quai hàm, đâm xuyên não, và thọc qua đỉnh đầu nạn nhân. Ông đã sống sót kỳ diệu sau tai nạn khủng khiếp này, dù một hoặc cả hai thùy trán đã bị phá hủy. Các bác sĩ chữa trị cho ông lúc đầu không thể tin bất cứ ai có thể sống sót sau một tai nạn như vậy. Ông ở trong trạng thái nửa hôn mê trong vài tuần, nhưng sau đó đã hồi phục thần kỳ. Ông thậm chí còn sống thêm 12 năm nữa, làm những công việc lặt vặt và đi du lịch, qua đời vào năm 1860. Các bác sĩ cẩn thận bảo tồn hộp sọ cùng thanh kim loại và nghiên cứu chuyên sâu từ đó. Kỹ thuật hiện đại, sử dụng quét CT, đã dựng lại chi tiết tai nạn bất thường này.

Sự kiện này đã thay đổi những định kiến về tâm trí. Trước đây, ngay cả trong giới khoa học cũng cho rằng linh hồn và cơ thể là những thực thể riêng biệt. Người ta nhắc đến cái gọi là "lực sống" điều khiển cơ thể, độc lập với bộ não. Nhưng các báo cáo lưu hành rộng rãi cho thấy tính cách của Gage đã thay đổi đáng kể sau tai nạn. Một số miêu tả, Gage từ một người cởi mở, đáng mến, đã trở nên ngược ngạo sau tai nạn. Các báo cáo này củng cố ý tưởng rằng các bộ phận cụ thể của não kiểm soát các hành vi khác nhau, và do đó cơ thể và tâm hồn là không thể tách rời.

Vào những năm 1930, một bước đột phá khác đã xuất hiện khi các nhà thần kinh học như Wilder Penfield phẫu thuật não cho người bị động kinh, ông chạm vào các bộ phận của não bằng điện cực, một số phần của cơ thể bệnh nhân có thể được kích thích. Chạm vào phần này hoặc phần khác của vỏ não có thể khiến bàn tay hoặc chân di chuyển. Bằng cách này, ông đã xây dựng phác thảo sơ lược về bộ phận nào của vỏ não kiểm soát phần nào của cơ thể. Cuối cùng, người ta đã vẽ lại được bộ não người, liệt kê phần nào của não kiểm soát cơ quan nào. Kết quả là hình ảnh một chú lùn, một bức tranh khá kỳ lạ của cơ thể con người được ánh xạ lên bề mặt của não, trông giống như một người đàn ông nhỏ kỳ quặc, với đầu ngón tay, môi và lưỡi khổng lồ, nhưng cơ thể thì vô cùng nhỏ bé.

Gần đây, phương pháp quét cộng hưởng từ đã cho chúng ta những hình ảnh về bộ não đang suy nghĩ, nhưng phương pháp này không có khả năng tìm ra các nhánh thần kinh cụ thể của ý nghĩ, có lẽ chỉ liên quan đến vài nghìn tế bào thần kinh. Nhưng một lĩnh vực mới được gọi là quang di truyền kết hợp quang học và di truyền học để làm sáng tỏ các nhánh thần kinh cụ thể ở động vật. Bằng cách tương tự, điều này có thể được so sánh với việc cố gắng tạo bản đồ đường. Kết quả quét cộng hưởng từ giống như việc xác định đường cao tốc liên tiểu bang lớn và lưu lượng giao thông lớn. Còn quang di truyền có thể xác định từng con đường nhỏ và các nhánh rẽ. Về nguyên tắc, nó

thậm chí còn cho phép các nhà khoa học điều khiển hành vi của động vật bằng cách kích thích những nhánh cụ thể này.

Điều này tạo ra một số câu chuyện truyền thông giật gân. Báo cáo Drudge giật tít: "Các nhà khoa học tạo ra những con ruồi điều khiển từ xa." Các phương tiện truyền thông vẽ ra dự báo những con ruồi điều khiển từ xa thực hiện những việc bẩn thỉu ở Lầu Năm Góc. Trong chương trình *Tonight Show*, Jay Leno thậm chí còn nói về một con ruồi điều khiển từ xa có thể bay vào miệng Tổng thống George W. Bush. Mặc dù các diễn viên hài có một ngày điền dã tưởng tượng ra những tình huống kỳ lạ của Lầu Năm Góc, chỉ huy lũ côn trùng bằng cách ấn nút, nhưng thực tế lại khiêm tốn hơn nhiều.

Ruồi giấm có khoảng 150.000 tế bào thần kinh trong não. Công nghệ quang di truyền cho phép các nhà khoa học làm sáng lên một số tế bào thần kinh trong não ruồi giấm tương ứng với một số hành vi nhất định. Ví dụ, khi hai tế bào thần kinh cụ thể được kích hoạt, nó có thể báo hiệu ruồi giấm thoát ra ngoài. Con ruồi sau đó tự động duỗi chân, xòe cánh và bay lên. Các nhà khoa học đã có thể lai tạo một loại ruồi giấm với các tế bào thần kinh sáng lên mỗi khi chiếu tia laser. Nếu bạn chiếu một chùm tia laser trên những con ruồi giấm này, chúng sẽ cất cánh.

Ứng dụng xác định cấu trúc của não là vô cùng quan trọng. Chúng ta không những có thể từ từ tìm ra các nhánh thần kinh điều khiển một số hành vi nhất định, mà còn có thể sử dụng thông tin này để giúp các bệnh nhân đột quỵ và bệnh nhân bị bệnh não hay tai nạn ảnh hưởng tới não.

Gero Miesenböck làm việc tại Đại học Oxford và các đồng nghiệp đã có thể xác định các cơ chế thần kinh của động vật theo cách này. Họ không những nghiên cứu được các nhánh chi phối phản xạ thoát của ruồi giấm mà còn phản xạ liên quan đến mùi hôi. Họ cũng nghiên cứu các nhánh điều khiển việc tìm kiếm thức ăn ở giun đũa và các tế bào thần kinh liên quan đến việc ra quyết định ở chuột. Nhờ đó, họ phát

hiện ra trong khi có ít nhất hai tế bào thần kinh tham gia kích hoạt các hành vi của ruồi giấm, thì có gần 300 tế bào thần kinh đã được kích hoạt ở chuột để ra quyết định.

Các công cụ cơ bản mà họ đang sử dụng là các gen kiểm soát việc sản sinh một số chất nhuộm, cũng như các phân tử phản ứng với ánh sáng. Ví dụ, có một gen từ sứa có thể tạo ra protein huỳnh quang màu xanh lá cây. Ngoài ra, có một loạt các phân tử như rhodopsin phản ứng khi ánh sáng chiếu lên chúng bằng cách cho phép các ion đi qua màng tế bào. Nhờ đó, ánh sáng chiếu lên những sinh vật này có thể kích hoạt một số phản ứng hóa học nhất định. Nhờ chất nhuộm và hóa chất nhạy cảm với ánh sáng, các nhà khoa học lần đầu tiên đã có thể tách biệt các mạch thần kinh điều khiển các hành vi cụ thể.

Vì vậy, mặc dù các diễn viên hài thường giễu các nhà khoa học về việc cố gắng tạo ra ruồi giấm Frankenstein được điều khiển bằng cách nhấn nút, nhưng thực tế là các nhà khoa học, lần đầu tiên trong lịch sử, đang tìm ra các nhánh thần kinh điều khiển một số hành vi cụ thể.

MÔ HÌNH HÓA BỘ NÃO

Quang di truyền là bước đi đầu tiên khiêm tốn. Bước tiếp theo là sử dụng công nghệ mới nhất mô hình hóa toàn bộ bộ não. Có ít nhất hai cách để giải quyết vấn đề lớn này, và cần nhiều thập kỷ nỗ lực để hiện thực hóa. Cách đầu tiên là sử dụng siêu máy tính để mô phỏng hành vi của hàng tỷ tế bào thần kinh, mỗi tế bào kết nối với hàng ngàn tế bào thần kinh khác. Cách thứ hai là xác định vị trí thực tế của mỗi tế bào thần kinh trong não.

Chìa khóa cho cách tiếp cận đầu tiên, mô phỏng bộ não, rất đơn giản: công suất máy tính. Công suất càng lớn càng tốt. Kỹ thuật thử mật khẩu đúng sai (brute force), và các lý thuyết không phù hợp, có thể là chìa khóa để giải quyết vấn đề khổng lồ này. Chiếc máy tính có thể hoàn thành nhiệm vụ khó khăn này là Blue Gene, một trong những máy tính mạnh nhất Trái đất, do IBM xây dựng.

Tôi từng được đến thăm máy tính quái vật này khi tham quan Phòng thí nghiệm Quốc gia Lawrence Livermore ở California, nơi họ thiết kế đầu đạn hydro cho Lầu Năm Góc. Đây là phòng thí nghiệm vũ khí bí mật hàng đầu của Mỹ, một khu phức hợp rộng 790 mẫu đất nông nghiệp, với ngân sách 1,2 tỷ đô la mỗi năm và sử dụng 6.800 người. Đây là trung tâm xác lập vị thế vũ khí hạt nhân của Mỹ. Tôi phải vượt qua nhiều lớp bảo mật, vì đây là một trong những phòng thí nghiệm vũ khí nhạy cảm nhất trên Trái đất.

Cuối cùng, sau khi vượt qua một loạt các trạm kiểm soát, tôi đã được vào tòa nhà chứa máy tính Blue Gene của IBM, có khả năng tính toán 500 nghìn tỷ phép tính mỗi giây trong chớp mắt. Blue Gene vô cùng ấn tượng. Nó vô cùng rộng lớn, khoảng 1000 m^2, và bao gồm nhiều hàng tủ thép đen, mỗi tủ cao khoảng 2,5 m, dài 4,5 m.

Tôi đã có trải nghiệm khá thú vị khi đi giữa những chiếc tủ này. Không giống như các bộ phim khoa học viễn tưởng của Hollywood, nơi các máy tính có nhiều đèn nhấp nháy, đĩa quay và chớp điện chạy loằng ngoằng trong không khí, các tủ này hoàn toàn yên tĩnh, với một vài đèn nhỏ nhấp nháy. Bạn nhận ra máy tính đang thực hiện hàng tỷ tỷ phép tính phức tạp, nhưng lại không nghe thấy gì và không thấy gì khi nó hoạt động.

Điều tôi quan tâm là Blue Gene đã mô phỏng quá trình suy nghĩ của bộ não chuột, có khoảng hai triệu tế bào thần kinh (so với 100 tỷ tế bào thần kinh ở bộ não người). Mô phỏng quá trình suy nghĩ của bộ não chuột khó hơn bạn nghĩ, bởi vì mỗi tế bào thần kinh được kết nối với nhiều tế bào thần kinh khác, tạo ra một mạng lưới tế bào thần kinh dày đặc. Nhưng lúc đi giữa các hàng giá đỡ của bảng điều khiển Blue Gene, tôi không khỏi ngạc nhiên khi sức mạnh máy tính đáng kinh ngạc này chỉ mô phỏng được bộ não của một con chuột trong vài giây. (Điều này không có nghĩa là Blue Gene có thể mô phỏng được hành vi của một con chuột. Hiện tại, các nhà khoa học chỉ có thể mô phỏng hành vi của một con gián. Thay vào đó, Blue Gene có thể mô

phỏng sự lóe lên của các nơron trong một con chuột, chứ không phải hành vi của nó.)

Một số nhóm nghiên cứu đang tập trung mô phỏng bộ não chuột. Một trong những nỗ lực đầy tham vọng là Dự án Blue Brain của Henry Markram tại École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Thụy Sĩ. Ông bắt đầu vào năm 2005, khi nhận được một phiên bản nhỏ của Blue Gene, chỉ với 16.000 bộ vi xử lý, nhưng trong vòng một năm ông đã thành công trong việc mô hình hóa cột tân vỏ não chuột, là một phần của vỏ não, chứa 10.000 tế bào thần kinh và 100 triệu kết nối. Đây là nghiên cứu mang tính bước ngoặt, vì nó đồng nghĩa với việc hoàn toàn phân tích được sinh học cấu trúc của một thành phần quan trọng của não, từng nơron thần kinh. (Bộ não chuột bao gồm hàng triệu cột này, được lặp đi lặp lại nhiều lần. Do đó, bằng cách mô hình hóa một cột, người ta có thể bắt đầu hiểu cách thức hoạt động của bộ não chuột.)

Năm 2009, Markram lạc quan phát biểu: "Không phải chúng ta không thể xây dựng được bộ não con người, chúng ta có thể làm điều đó trong mười năm tới. Nếu xây dựng chính xác, nó phải biết nói, có trí thông minh và cư xử giống như một con người." Tuy nhiên, ông lưu ý rằng để đạt được điều này cần có một siêu máy tính mạnh gấp 20.000 lần siêu máy tính hiện tại, với bộ nhớ gấp 500 lần toàn bộ kích thước của Internet hiện nay.

Vậy rào cản ngăn chặn mục tiêu khổng lồ này là gì? Đối với ông, rất đơn giản: chi phí.

Kể từ khi khoa học cơ bản được biết đến, ông cảm thấy muốn thành công phải biết ném tiền vào các nghiên cứu. Ông nói: "Đây không phải là vấn đề thời gian mà là tiền bạc... Vấn đề là xã hội có muốn hay không. Nếu muốn nó trong 10 năm, họ sẽ có trong 10 năm. Nếu họ muốn nó trong một nghìn năm, chúng ta có thể chờ đợi."

Nhưng một nhóm đối thủ cũng đang giải quyết vấn đề này, sử dụng công suất tính toán lớn nhất trong lịch sử. Nhóm này đang sử dụng phiên bản cao cấp nhất của Blue Gene là Dawn, cũng có trụ sở tại

Livermore. Dawn là một siêu máy tính tuyệt vời, với 147.456 bộ vi xử lý và 150.000 gigabyte bộ nhớ. Nó mạnh hơn máy tính bàn 100.000 lần. Nhóm nghiên cứu do Dharmendra Modha đứng đầu đã đạt được một số thành công. Năm 2006, nó đã có thể mô phỏng 40% não chuột nhắt. Năm 2007, nó có thể mô phỏng 100% não chuột đồng (chứa 55 triệu tế bào thần kinh, nhiều hơn nhiều não chuột nhắt).

Và trong năm 2009, nhóm này đã phá vỡ một kỷ lục thế giới khác. Nhóm thành công trong việc mô phỏng 1% vỏ não của con người, hoặc gần tương đương vỏ não của một con mèo, chứa 1,6 tỷ tế bào thần kinh với chín nghìn tỷ kết nối. Tuy nhiên, quá trình mô phỏng còn khá chậm, khoảng 1/600 tốc độ của bộ não người. (Nếu chỉ mô phỏng một tỷ tế bào thần kinh, nó đã có thể chạy nhanh hơn nhiều, khoảng 1/83 tốc độ của bộ não người.)

"Đây là Kính viễn vọng Hubble của tâm trí, một máy gia tốc tuyến tính của hệ thần kinh!" Modha tự hào nhận xét về quy mô khổng lồ của thành tựu này. Vì não có 100 tỷ tế bào thần kinh, các nhà khoa học giờ đây có thể thấy ánh sáng ở cuối đường hầm. Họ cảm thấy một mô phỏng đầy đủ về bộ não con người là trong tầm mắt. "Điều này không chỉ là có thể, mà là tất yếu. Nó sẽ xảy ra!" Modha quả quyết.

Tuy nhiên, có những vấn đề nghiêm trọng với mô hình hóa toàn bộ bộ não con người, đặc biệt là công suất và nhiệt. Máy tính Dawn tiêu hao một triệu watt năng lượng và tạo ra rất nhiều nhiệt cần 6,675 tấn thiết bị điều hòa không khí, thổi ra 76 nghìn mét khối không khí lạnh mỗi phút. Để mô hình hóa bộ não con người, bạn sẽ phải mở rộng quy mô này lên gấp 1.000 lần.

Đây thực sự là một nhiệm vụ khổng lồ. Mức tiêu thụ điện năng của siêu máy tính giả định này sẽ là một tỷ watt, tương đương năng lượng tạo ra của một nhà máy điện hạt nhân. Bạn có thể thắp sáng toàn bộ thành phố bằng năng lượng được siêu máy tính này tiêu thụ. Để làm mát nó, bạn sẽ cần phải chuyển hướng toàn bộ dòng sông và truyền nước qua máy tính.

Và ngay cả máy tính này cũng chiếm diện tích bằng nhiều tòa nhà trong thành phố.

Thật ngạc nhiên, bộ não con người, ngược lại, chỉ sử dụng 20 watt. Nó sinh ra nhiệt không đáng kể, nhưng rõ ràng vượt trội so với siêu máy tính lớn nhất. Hơn nữa, bộ não người là đối tượng phức tạp nhất mà Mẹ Thiên Nhiên đã tạo ra. Vì không thấy bằng chứng về tồn tại sự sống khác trong Hệ Mặt trời, bạn phải di chuyển ít nhất 36 nghìn tỷ km, là khoảng cách đến ngôi sao gần nhất, và thậm chí xa hơn để tìm một đối tượng phức tạp như bộ não chứa trong hộp sọ bạn.

Chúng ta có thể xây dựng ngược bộ não trong vòng mười năm, nhưng chỉ khi có một dự án khổng lồ như Manhattan và đổ hàng tỷ đô la vào đó. Tuy nhiên, điều này sẽ không sớm xảy ra, do tình hình kinh tế hiện tại. Các chương trình như Dự án hệ gen người, trị giá gần ba tỷ đô la, được chính phủ Mỹ hỗ trợ vì lợi ích rõ ràng về sức khỏe và khoa học. Tuy nhiên, những lợi ích của kỹ thuật đảo ngược bộ não ít khẩn cấp hơn, và do đó sẽ mất nhiều thời gian hơn. Thực tế hơn, chúng ta sẽ tiếp cận mục tiêu này với các bước nhỏ hơn, và có thể phải mất nhiều thập kỷ để hoàn thành công trình lịch sử này.

Vì vậy, có lẽ đến tương lai trung hạn, việc máy tính mô phỏng bộ não mới có thể được thực hiện. Và thậm chí sẽ mất nhiều thập kỷ sau đó để sắp xếp hàng núi dữ liệu của dự án khổng lồ này và kết hợp nó với bộ não con người. Chúng ta sẽ bị chìm đắm trong đống dữ liệu mà không có phương tiện để phân loại hợp lý các nhiễu tạp.

TÁCH RỜI BỘ NÃO

Nhưng còn cách tiếp cận thứ hai, xác định vị trí chính xác của mỗi tế bào thần kinh trong não?

Cách tiếp cận này cũng là một nhiệm vụ hóc búa, và cũng có thể mất nhiều thập kỷ nỗ lực nghiên cứu. Thay vì dùng siêu máy tính như Blue Gene, các nhà khoa học sử dụng phương pháp cắt lớp, bắt đầu

bằng cách chia não ruồi giấm thành những lát rất mỏng không rộng hơn 50 nm (khoảng 150 nguyên tử). Việc này tạo ra hàng triệu lát cắt.

Sau đó, một kính hiển vi điện tử quét (SEM) chụp ảnh từng lát cắt, với tốc độ và độ phân giải khoảng một tỷ điểm ảnh mỗi giây. Lượng dữ liệu thu được từ kính hiển vi điện tử vô cùng lớn, khoảng 1.000 nghìn tỷ byte dữ liệu, đủ để lấp đầy một phòng lưu trữ chỉ dành cho một bộ não ruồi giấm. Sẽ mất khoảng năm năm để xử lý đống dữ liệu này bằng cách xây dựng lại liên kết 3-D của từng tế bào thần kinh trong não ruồi giấm. Để có được bức tranh chính xác hơn về bộ não ruồi, bạn phải cắt thêm rất nhiều bộ não ruồi nữa.

Gerry Rubin thuộc Viện Y khoa Howard Hughes, một trong những nhà khoa học đi đầu trong lĩnh vực này, cho rằng lập bản đồ chi tiết về toàn bộ não ruồi giấm sẽ mất 20 năm. Ông kết luận: "Sau khi giải quyết được vấn đề này, tôi cho rằng chúng ta đã đi được một phần năm chặng đường để hiểu được tâm trí con người." Rubin nhận ra tầm vóc của vấn đề đang đối mặt. Não người có nhiều hơn một triệu lần tế bào thần kinh so với não ruồi giấm. Nếu phải mất hai mươi năm để xác định tất cả các tế bào thần kinh của não ruồi, thì chắc chắn sẽ mất nhiều thập kỷ để xác định đầy đủ cấu trúc thần kinh của bộ não người. Chi phí của dự án này cũng sẽ rất lớn.

Vì vậy, những người làm việc trong lĩnh vực kỹ thuật đảo ngược bộ não đang thất vọng. Họ thấy việc đạt được mục tiêu đã rất gần, nhưng thiếu kinh phí đã cản trở công việc. Tuy nhiên, có vẻ hợp lý khi giả định rằng khoảng đến tương lai trung hạn, chúng ta sẽ có cả máy tính công suất đủ lớn để mô phỏng bộ não con người và cả bản đồ sơ lược mô tả kiến trúc thần kinh của não bộ. Nhưng cũng có thể đến cuối thế kỷ này chúng ta mới hiểu thấu đáo suy nghĩ của con người hoặc có thể tạo ra một cỗ máy có khả năng sao chép các chức năng của bộ não con người.

Ví dụ, ngay cả khi bạn biết vị trí chính xác của mỗi gen bên trong một con kiến, không có nghĩa là bạn biết cách một tổ kiến được tạo ra.

Tương tự, các nhà khoa học hiện biết khoảng 25.000 gen tạo nên bộ gen của con người, điều đó không có nghĩa là họ biết cơ thể con người hoạt động ra sao. Dự án hệ gen người giống như một cuốn từ điển không có định nghĩa ở mỗi mục từ. Mỗi gen của cơ thể con người được viết một cách rõ ràng trong từ điển này, nhưng mỗi gen hoạt động như thế nào vẫn là một bí ẩn. Mỗi gen mã hóa một loại protein nhất định, nhưng phần lớn các protein này hoạt động trong cơ thể như thế nào vẫn còn là ẩn số.

Quay trở lại năm 1986, các nhà khoa học đã có thể lập bản đồ đầy đủ vị trí tất cả các tế bào thần kinh trong hệ thần kinh của con giun nhỏ xíu *C. elegans*. Điều này ban đầu được dự báo là bước đột phá cho phép chúng ta giải mã những bí ẩn của bộ não. Tuy nhiên thậm chí sau nhiều thập kỷ, khi đã xác định được vị trí chính xác của 302 tế bào thần kinh và 6.000 khớp thần kinh hóa học, chúng ta cũng không có thêm hiểu biết nào về hoạt động của con giun này.

Tương tự, ngay cả sau khi bộ não con người được tái tạo bằng kỹ nghệ đảo ngược, sẽ mất nhiều thập kỷ để hiểu làm thế nào tất cả các bộ phận hoạt động và tương thích với nhau. Nếu cho đến cuối thế kỷ, bộ não người được tái tạo bằng kỹ nghệ đảo ngược và được giải mã đầy đủ, thì chúng ta sẽ có một bước tiến lớn trong việc tạo ra robot giống người. Vậy thì điều gì ngăn cản robot thay thế con người?

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

KHI MÁY MÓC CÓ Ý THỨC

Trong loạt phim *Kẻ hủy diệt*, Lầu Năm Góc tự hào giới thiệu về Skynet, một mạng máy tính rộng khắp được thiết kế để kiểm soát ổn định kho vũ khí hạt nhân của Mỹ. Nó hoạt động vô cùng hoàn hảo, cho đến một ngày năm 1995, khi một sự kiện bất ngờ xảy ra. Skynet trở nên

có ý thức. Người quản lý Skynet bị sốc khi nhận ra sáng tạo của mình đột nhiên có khả năng nhận thức, họ cố gắng đóng nó lại. Nhưng đã quá muộn. Để tự vệ, Skynet quyết định cách duy nhất để bảo vệ mình là tiêu diệt nhân loại bằng cách phát động một cuộc chiến tranh hạt nhân. Ba tỷ người nhanh chóng hóa thành tro bụi trong thảm họa hạt nhân. Sau khi kết thúc, Skynet đã thả từng quân đoàn robot giết người nối tiếp nhau tàn sát những người sống sót. Nền văn minh hiện đại sụp đổ, chỉ còn lại những kẻ phản bội và nhóm phiến quân nhỏ bé đầy thảm hại.

Tồi tệ hơn, như trong ba phần đầu loạt phim *Matrix* (Ma trận), con người ngây ngô đến nỗi thậm chí không nhận ra máy móc đã tiếm quyền. Con người thực hiện công việc hằng ngày, nghĩ mọi thứ đều bình thường, không biết thực tế là họ đang nằm trong lồng ủ. Thế giới của họ là một mô phỏng thực tế ảo do các chủ nhân robot điều hành. "Sự tồn tại" của con người thực ra chỉ là một chương trình phần mềm được cài vào não bộ, chạy bằng một máy tính lớn. Lý do duy nhất mà máy móc để con người tồn tại là sử dụng con người làm pin.

Tất nhiên các bộ phim Hollywood sống bằng cách làm cho khán giả sợ hãi. Nhưng nó cũng đặt ra một câu hỏi khoa học đáng lưu ý: Điều gì xảy ra khi cuối cùng robot trở nên thông minh như con người? Điều gì xảy ra khi robot thức tỉnh và trở nên có ý thức? Các nhà khoa học tranh luận sôi nổi câu hỏi: không phải là nếu, mà là khi nào thì sự kiện quan trọng này sẽ xảy ra.

Theo một số chuyên gia, các robot sẽ leo dần lên trên nấc thang tiến hóa. Ngày nay, chúng thông minh như những con gián. Trong tương lai, chúng sẽ thông minh như chuột, thỏ, chó và mèo, khỉ, sau đó chúng sẽ cạnh tranh với con người. Có thể phải mất hàng thập kỷ để leo lên nấc thang tiến hóa này, nhưng các chuyên gia tin rằng những cỗ máy sẽ thông minh hơn chúng ta, đó chỉ là vấn đề thời gian.

Các nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo chia làm hai phe tranh luận khi nào điều này có thể xảy ra. Một số người nói rằng trong vòng hai

mươi năm, robot sẽ tiếp cận trí thông minh của bộ não con người và bỏ xa chúng ta. Năm 1993, Vernor Vinge nói: "Trong vòng ba mươi năm, chúng ta sẽ có phương tiện công nghệ để tạo ra trí thông minh siêu nhân. Ngay sau đó, thời đại của con người sẽ kết thúc... Tôi sẽ ngạc nhiên nếu sự kiện này xảy ra trước năm 2005 hoặc sau năm 2030."

Mặt khác, Douglas Hofstadter, tác giả của *Gödel, Escher, Bach*, nói: "Tôi sẽ rất ngạc nhiên nếu bất cứ điều gì từ xa như thế này xảy ra trong 100 năm hay 200 năm tới."

Khi trò chuyện với Marvin Minsky làm việc tại MIT, một trong những người sáng lập trong lịch sử trí tuệ nhân tạo, ông đã cẩn thận nói với tôi rằng ông không có lịch trình nào cho sự kiện này. Ông tin rằng ngày đó sẽ đến nhưng lại tránh đưa ra tiên đoán và dự đoán ngày chính xác. (Là người giàu kinh nghiệm trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, một lĩnh vực ông đã giúp tạo ra gần như từ đầu, có lẽ ông đã nhìn thấy quá nhiều dự đoán thất bại và tạo ra một phản ứng dữ dội.)

Một vấn đề lớn đối với các kịch bản này là không có sự đồng thuận chung về ý nghĩa của từ ý thức *(consciousness)*. Các triết gia và nhà toán học đã vật lộn với từ này trong nhiều thế kỷ và chưa đem lại kết quả. Nhà tư tưởng thế kỷ 17, Gottfried Leibniz, cha đẻ của phép tính vi phân, từng viết: "Nếu có thể phóng đại bộ não lên đến kích thước của một nhà máy và đi vào bên trong, bạn cũng vẫn không tìm thấy ý thức." Nhà triết học David Chalmers thậm chí đã lập danh mục gần 20.000 bài báo về chủ đề này, mà không có sự đồng thuận nào.

Không có lĩnh vực khoa học nào lại có nhiều công trình dồn nhiều tâm sức nhưng đem lại quá ít kết quả như vậy.

Ý thức, thật không may, là một từ thông dụng mà mỗi người hiểu một cách. Đáng buồn là không có định nghĩa nào được chấp nhận rộng rãi.

Cá nhân tôi cho rằng, một trong những vấn đề là không có định nghĩa rõ ràng ý thức và sau đó không có cách định lượng nó.

Nhưng nếu phải mạo hiểm phỏng đoán, tôi sẽ giả thuyết ý thức bao gồm ít nhất ba thành phần cơ bản:

1. cảm nhận và nhận biết môi trường
2. tự nhận thức
3. lập kế hoạch cho tương lai bằng cách đặt ra các mục tiêu và kế hoạch, có nghĩa là mô phỏng tương lai và xây dựng chiến lược

Theo cách tiếp cận này, ngay cả những máy móc và côn trùng đơn giản cũng có một số dạng ý thức, có thể được xếp hạng trên thang điểm từ 1 đến 10. Có một sự liên tục của ý thức, định lượng được. Một cái búa không thể cảm nhận được môi trường xung quanh, vì vậy nó nhận 0 điểm trên thang này. Nhưng bộ điều chỉnh nhiệt lại khác. Bản chất của bộ điều chỉnh nhiệt là cảm nhận được nhiệt độ môi trường và điều chỉnh nhiệt độ tương ứng, nó sẽ có điểm 1. Do đó, các máy móc có cơ chế phản hồi có dạng thức nguyên thủy của ý thức. Giun cũng có khả năng này. Chúng có thể cảm nhận được sự hiện diện của thức ăn, bạn tình, mối nguy hiểm và hành động dựa trên thông tin đó, nhưng không làm được nhiều hơn thế. Côn trùng, có thể phát hiện nhiều hơn một tham số (chẳng hạn như thị giác, thính giác, khứu giác, xúc giác...), sẽ có điểm số cao hơn, có lẽ là 2 hoặc 3.

Hình thức cao nhất của cảm biến là khả năng nhận biết và hiểu các đối tượng trong môi trường. Con người có thể lập tức phân tích môi trường và hành động tương ứng và do đó có điểm số cao trên thang điểm này. Tuy nhiên, đây là vùng robot có điểm số thấp. Như chúng ta đã thấy, nhận dạng mẫu là một trong những rào cản chính đối với trí tuệ nhân tạo. Robot có thể cảm nhận được môi trường tốt hơn con người, nhưng không hiểu hoặc nhận ra những gì chúng nhìn thấy. Ở mức độ này của ý thức, robot có số điểm gần thấp nhất, gần các loài côn trùng, do không có khả năng nhận dạng mẫu.

Mức độ ý thức cao hơn tiếp theo liên quan đến sự tự nhận thức. Nếu bạn đặt một tấm gương bên cạnh hầu hết các động vật đực, chúng sẽ ngay lập tức phản ứng dữ dội, thậm chí tấn công gương. Hình ảnh

trong gương khiến chúng hành động để bảo vệ lãnh thổ. Nhiều loài động vật thiếu nhận thức chúng là ai. Nhưng khỉ, voi, cá heo và một số loài chim nhanh chóng nhận ra mình trong gương và ngừng tấn công gương. Con người xếp hạng gần cao nhất trên thang điểm này, vì con người biết rõ mình là ai trong mối quan hệ với các động vật khác, giữa con người với nhau, và với thế giới. Ngoài ra, con người cũng nhận thức được bản thân đến mức có thể tự thầm thì với mình, nhờ đó có thể đánh giá một tình huống bằng cách suy nghĩ.

Thứ ba, động vật có thể được xếp hạng theo khả năng xây dựng kế hoạch tương lai. Theo hiểu biết tốt nhất của chúng ta, côn trùng không đặt mục tiêu phức tạp cho tương lai. Thay vào đó, chúng hầu hết phản ứng tức thì với các tình huống dựa vào bản năng và tín hiệu từ môi trường lúc đó.

Theo nghĩa này, kẻ săn mồi có ý thức hơn con mồi. Kẻ săn mồi phải lên kế hoạch trước, bằng cách tìm nơi ẩn nấp, lên kế hoạch phục kích, rình rập, dự đoán đường đi của con mồi. Tuy nhiên, con mồi chỉ phải chạy, vì vậy chúng xếp hạng thấp hơn trên thang điểm này.

Hơn nữa, linh trưởng có thể ứng biến khi lên kế hoạch tương lai gần. Nếu chỉ cho chúng một quả chuối ngoài tầm với, thì chúng có thể đưa ra các chiến lược để lấy quả chuối đó, chẳng hạn như dùng gậy. Vì vậy, khi phải đối mặt với một mục tiêu cụ thể (lấy thức ăn), động vật linh trưởng sẽ lập kế hoạch trước mắt để đạt được mục tiêu đó.

Nhưng nhìn chung, động vật không có cảm giác tốt về quá khứ hay tương lai xa. Rõ ràng, không có ngày mai trong vương quốc động vật. Không có bằng chứng nào cho thấy chúng có thể nghĩ xa vài ngày trong tương lai. (Động vật sẽ dự trữ thực phẩm cho mùa đông, nhưng điều này phần lớn là di truyền: gen của chúng đã được lập trình để phản ứng với nhiệt độ giảm xuống bằng cách tìm kiếm thức ăn.)

Ngược lại, con người có cảm giác rất phát triển về tương lai và liên tục lập kế hoạch. Chúng ta liên tục mô phỏng thực tế trong đầu. Thực ra, chúng ta có thể dự tính những kế hoạch vượt xa cuộc đời của

mình. Thực tế, chúng ta đánh giá người khác dựa trên khả năng dự đoán diễn tiến tình huống và xây dựng chiến lược cụ thể. Một phần quan trọng của nhà lãnh đạo là dự đoán tình huống trong tương lai, cân nhắc các kết quả có thể xảy ra và đặt mục tiêu cụ thể cho phù hợp.

Nói cách khác, dạng ý thức này bao gồm việc dự đoán tương lai, có nghĩa là tạo ra nhiều mô hình dự đoán về các sự kiện trong tương lai. Điều này đòi hỏi sự hiểu biết sâu sắc về lẽ thường và các quy tắc của tự nhiên. Nó có nghĩa là bạn tự hỏi "nếu như" nhiều lần. Cho dù lập kế hoạch để cướp ngân hàng hay chạy đua vào ghế tổng thống, con người đều thực hiện được nhiều mô phỏng tình huống trong đầu.

Tất cả các luận cứ này cho thấy chỉ có con người làm chủ được nghệ thuật này trong tự nhiên.

Chúng ta cũng thấy điều này khi phân tích tâm lý các đối tượng thử nghiệm. Các nhà tâm lý học thường so sánh hồ sơ tâm lý của người trưởng thành với tiểu sử của họ khi còn nhỏ. Sau đó, một câu hỏi đặt ra: Yếu tố nào dự đoán thành công của họ trong hôn nhân, nghề nghiệp, sự giàu có...? Khi cân bằng các yếu tố kinh tế xã hội, người ta phát hiện ra một đặc điểm đôi khi nổi bật hơn hẳn: khả năng trì hoãn thỏa mãn. Theo các nghiên cứu dài hạn của Walter Mischel tại Đại học Columbia và nhiều nhà khoa học khác, những đứa trẻ có khả năng kiềm chế sự thỏa mãn tức thì (ví dụ, ăn kẹo dẻo) và chờ phần thưởng dài hạn hơn (nhận hai kẹo dẻo thay vì một) luôn đạt điểm cao hơn trên hầu hết các thước đo về thành công trong tương lai, trong kỳ thi SAT, trong cuộc sống, tình yêu và nghề nghiệp.

Nhưng khả năng trì hoãn thỏa mãn cũng đề cập đến một mức độ nhận thức và ý thức cao hơn. Những đứa trẻ này đã có thể mô phỏng tương lai và nhận ra phần thưởng trong tương lai lớn hơn. Vì vậy, khả năng nhận thấy kết quả trong tương lai từ hành động hiện tại đòi hỏi một mức độ nhận thức cao hơn.

Do đó, các nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo nên đặt mục tiêu tạo ra một robot với tất cả ba đặc tính. Đặc tính đầu tiên khó đạt được,

vì robot có thể cảm nhận nhưng không thể hiểu được môi trường. Tự nhận thức có thể đạt được dễ dàng hơn. Nhưng việc lập kế hoạch cho tương lai đòi hỏi phải hiểu lẽ thường, một sự hiểu biết trực giác về các tình huống và các chiến lược cụ thể để đạt được các mục tiêu cụ thể.

Vì vậy, hiểu lẽ thường là điều kiện tiên quyết cho mức độ ý thức cao nhất. Để robot có thể mô phỏng thực tế và dự đoán tương lai, trước tiên nó phải làm chủ hàng triệu quy tắc chung về thế giới xung quanh. Nhưng lẽ thường là không đủ. Lẽ thường chỉ là "quy tắc của trò chơi" chứ không phải là quy tắc của chiến lược và lập kế hoạch.

Trên thang điểm này, chúng ta có thể xếp hạng tất cả các robot khác nhau đã được tạo ra.

Máy chơi cờ Deep Blue bị xếp hạng rất thấp. Nó có thể đánh bại nhà vô địch cờ vua thế giới nhưng không thể làm thêm điều gì khác. Nó có thể chạy một mô phỏng thực tế, nhưng chỉ để chơi cờ. Nó không có khả năng chạy mô phỏng bất kỳ thực tế nào khác. Điều này đúng với nhiều máy tính lớn nhất thế giới. Chúng nổi trội trong việc mô phỏng thực tế của một đối tượng, ví dụ, mô hình hóa vụ nổ hạt nhân, các mẫu gió xung quanh một chiếc máy bay phản lực hoặc thời tiết. Những máy tính này có thể chạy mô phỏng thực tế tốt hơn nhiều so với con người. Nhưng chúng chỉ có một chiều, và do đó không thể sống sót trong thế giới thực.

Ngày nay, các nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo chưa biết cách sao chép tất cả các quy trình này vào robot. Hầu hết đều giơ tay lên và nói rằng một số mạng máy tính khổng lồ sẽ hiển thị "hiện tượng nổi lên" giống như cách tự động thiết lập trật tự sau hỗn loạn. Khi được hỏi chính xác những hiện tượng nổi lên này sẽ tạo ra ý thức như thế nào, hầu hết đều đảo mắt lặng thinh.

Với cách định nghĩa này, dù không biết cách tạo ra một robot có ý thức, chúng ta có thể hình dung một robot tiên tiến hơn con người trông sẽ ra sao.

Chúng sẽ có đặc tính thứ ba nổi trội: có thể chạy các mô phỏng phức tạp của tương lai xa hơn con người, từ nhiều góc độ hơn, với

nhiều chi tiết và chiều sâu hơn. Mô phỏng của chúng sẽ chính xác hơn so với mô phỏng của con người do nắm bắt tốt hơn về lẽ thường và các quy tắc tự nhiên, nhờ vậy chúng có khả năng tốt hơn để tìm ra mẫu. Chúng sẽ có thể dự đoán các vấn đề mà con người có thể bỏ qua hoặc không biết. Hơn nữa, chúng sẽ có thể đặt mục tiêu riêng. Nếu các mục tiêu này bao gồm giúp nhân loại thì mọi thứ đều ổn. Nhưng nếu một ngày nào đó chúng xây dựng mục tiêu mà con người đang cản đường, việc này có thể dẫn đến những hậu quả khôn lường.

Câu hỏi tiếp theo: Điều gì sẽ xảy ra với con người ở kịch bản này?

KHI ROBOT VƯỢT QUA CON NGƯỜI

Trong một kịch bản, con người chúng ta chỉ đơn giản tồn tại như một di tích của tiến hóa. Trong luật tiến hóa, các loài phát sinh thay thế các loài không phù hợp; và có lẽ con người sẽ bị lạc trong sự sắp xếp lại trật tự đó, cuối cùng kết thúc trong vườn thú nơi những sáng tạo robot đến nhìn chằm chằm vào chúng ta. Có lẽ đó là số phận của con người: tạo ra siêu robot đối xử với con người như một chú thích nguyên thủy đáng xấu hổ trong quá trình tiến hóa. Có lẽ đó là vai trò của chúng ta trong lịch sử, sinh ra những người kế thừa tiến hóa. Theo quan điểm này, vai trò của con người là biến khỏi cuộc sống của robot.

Douglas Hofstadter tâm sự với tôi đây có thể là quy luật tự nhiên, nhưng chúng ta nên đối xử với những robot siêu thông minh này như con cái, vì theo nghĩa nào đó chúng thực sự là con cái chúng ta. Ông nói với tôi, nếu có thể chăm sóc con cái, vậy tại sao cũng không thể quan tâm đến robot thông minh, vì chúng cũng là con của chúng ta?

Hans Moravec suy nghĩ về cách các robot bỏ xa con người như sau: "... cuộc sống dường như vô nghĩa nếu chúng ta phải sống theo kiểu nhìn chằm chằm một cách ngu ngốc vào con cháu siêu thông minh của mình khi chúng cố gắng mô tả những khám phá ngoạn mục của chúng bằng ngôn ngữ trẻ thơ để chúng ta có thể hiểu được."

Khi ngày định mệnh mà robot trở nên thông minh hơn con người đến, không những chúng ta không còn thông minh nhất Trái đất nữa, mà những sáng tạo của chúng ta có thể tạo ra bản sao thậm chí còn thông minh hơn nữa. Đội robot tự sao chép này sau đó sẽ tạo ra các thế hệ robot vô tận trong tương lai, thế hệ sau thông minh hơn thế hệ trước. Vì robot có thể tạo ra các thế hệ robot thông minh hơn trong một thời gian rất ngắn, cuối cùng quá trình này sẽ bùng nổ theo cấp số nhân, cho đến khi chúng bắt đầu nuốt chửng tài nguyên Trái đất trong cuộc tìm kiếm tham lam vô độ để trở nên thông minh hơn bao giờ hết.

Sự thèm khát trí thông minh ngày càng tăng này cuối cùng sẽ tàn phá các nguồn tài nguyên Trái đất, khiến Trái đất trở thành máy tính. Một số người hình dung ra những robot siêu thông minh này sau đó sẽ tiến ra ngoài không gian để tiếp tục tìm kiếm nhiều trí thông minh hơn, cho đến khi chúng tiếp cận các hành tinh, ngôi sao và thiên hà khác để biến các hành tinh đó thành máy tính. Nhưng vì các hành tinh, ngôi sao và thiên hà cách Trái đất quá xa, các máy tính có thể thay đổi định luật vật lý để cuộc đua của chúng nhanh hơn tốc độ ánh sáng nhằm tiêu thụ toàn bộ hệ sao và thiên hà. Một số thậm chí tin rằng nó có thể tiêu thụ toàn bộ vũ trụ, để vũ trụ trở nên thông minh.

Điều này có tên gọi "điểm kỳ dị" (singularity). Từ này xuất phát từ thế giới vật lý tương đối, lĩnh vực chuyên môn của tôi, nó mô tả một điểm trọng lực vô hạn, từ đó không gì có thể thoát ra, chẳng hạn như lỗ đen. Do ánh sáng không thể thoát ra, nó như là một đường chân trời mà chúng ta không thể thấy được gì sau đó.

Ý tưởng về điểm kỳ dị trí tuệ nhân tạo được đề cập lần đầu tiên vào năm 1958, trong một cuộc trò chuyện giữa hai nhà toán học, Stanislaw Ulam (người đã tạo ra bước đột phá quan trọng trong thiết kế bom hydro) và John von Neumann. Ulam viết: "Một cuộc trò chuyện tập trung vào sự tiến bộ chưa từng có của công nghệ và những thay đổi trong lối sống nhân loại, dẫn đến sự xuất hiện của một số điểm kỳ dị cần thiết trong lịch sử loài người mà sau điểm đó cuộc sống của con

người không thể tiếp tục." Các phiên bản của ý tưởng đã nảy nở trong nhiều thập kỷ. Nhưng sau đó nó được khuếch đại và phổ biến thông qua nhà văn khoa học viễn tưởng kiêm nhà toán học Vernor Vinge trong các tiểu thuyết, tiểu luận của ông.

Nhưng điều này để lại câu hỏi quan trọng chưa được giải đáp: Khi nào điểm kỳ dị xảy ra? Trong vòng đời của chúng ta? Có lẽ trong thế kỷ tiếp theo? Hoặc không bao giờ? Chúng ta nhắc lại rằng những người tham dự hội nghị Asilomar năm 2009 đã dự báo ngày này có thể đến vào bất kỳ thời điểm nào trong khoảng từ 20 đến 1.000 năm trong tương lai.

Một người đã trở thành người phát ngôn cho điểm kỳ dị là nhà phát minh, tác giả nổi tiếng Ray Kurzweil, người có thiên hướng đưa ra các dự đoán dựa trên sự tăng trưởng theo hàm mũ của công nghệ. Kurzweil đã từng nói với tôi khi nhìn vào những ngôi sao trên bầu trời đêm, người ta có thể thấy một số bằng chứng vũ trụ về điểm kỳ dị xảy ra ở một số thiên hà xa xôi. Với khả năng nuốt chửng hoặc sắp xếp lại toàn bộ hệ sao, sẽ phải có dấu hiệu để lại của điểm kỳ dị cho thấy sự mở rộng nhanh chóng này. (Phe phản đối cho rằng ông đang khuấy động một niềm tin tôn giáo quanh điểm kỳ dị. Phe ủng hộ lại cho rằng ông có khả năng kỳ lạ để nhìn chính xác tương lai, dựa trên các kết quả thu được.)

Kurzweil học hỏi về cuộc cách mạng máy tính bằng cách bắt đầu từ lĩnh vực đa dạng liên quan đến nhận dạng mẫu, chẳng hạn như công nghệ nhận dạng giọng nói, nhận dạng ký tự quang học và các thiết bị bàn phím điện tử. Năm 1999, ông viết trong một cuốn sách nổi tiếng, *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence* (Kỷ nguyên của máy móc trí tuệ: Khi máy tính thông minh hơn con người), dự đoán khi nào robot sẽ thông minh hơn con người. Năm 2005, ông viết cuốn *The Singularity Is Near* (Điểm kỳ dị đang đến gần) thảo luận chi tiết về những dự đoán đó. Ngày định mệnh khi máy tính vượt qua trí thông minh của con người sẽ đến.

Ông dự đoán, đến năm 2019 một máy tính cá nhân trị giá 1.000 đô la sẽ có sức mạnh như một bộ não người. Ngay sau đó, máy tính sẽ bỏ xa chúng ta. Đến năm 2029, một máy tính cá nhân trị giá 1.000 đô la sẽ mạnh gấp 1.000 lần bộ não người. Đến năm 2045, máy tính 1.000 đô la sẽ thông minh hơn một tỷ lần so với tất cả loài người gộp lại. Ngay cả các máy tính nhỏ cũng sẽ vượt toàn bộ nhân loại.

Sau năm 2045, các máy tính trở nên tiên tiến đến mức tạo ra được các bản sao ngày càng thông minh, tạo ra điểm kỳ dị di động. Để thỏa mãn sự thèm khát sức mạnh máy tính bất tận, chúng sẽ bắt đầu nuốt chửng Trái đất, các tiểu hành tinh, hành tinh và các ngôi sao, thậm chí ảnh hưởng đến lịch sử vũ trụ.

Tôi đã có cơ hội đến thăm Kurzweil trong văn phòng của ông ở ngoại ô Boston. Đi dọc hành lang, bạn sẽ thấy những giải thưởng và danh hiệu mà ông đã nhận được, cũng như một số nhạc cụ do ông thiết kế, được các nhạc sĩ hàng đầu sử dụng, như Stevie Wonder. Ông giải thích với tôi về bước ngoặt trong cuộc đời ông. Nó đến khi ông được bất ngờ bị chẩn đoán mắc bệnh tiểu đường loại II khi 35 tuổi. Bỗng chốc ông phải đối mặt với thực tế nghiệt ngã rằng sẽ không sống đủ lâu để thấy những dự đoán của mình thành hiện thực. Sau nhiều năm bỏ bê, trông ông đã già đi thấy rõ. Sau chẩn đoán này, giờ đây ông chiến đấu với các vấn đề sức khỏe cá nhân với sự nhiệt tình và năng lượng tương tự như với cuộc cách mạng máy tính. (Ông uống hơn 100 viên thuốc mỗi ngày và đã viết sách về cuộc cách mạng tuổi thọ. Ông hy vọng cuộc cách mạng trong robot vi mô có thể làm sạch và sửa chữa cơ thể để con người bất tử. Ông hy vọng có thể sống đủ lâu để nhìn thấy những đột phá y học kéo dài tuổi thọ con người vô thời hạn. Nói cách khác, ông muốn sống đủ lâu để bất tử.)

Gần đây, ông bắt tay vào một kế hoạch đầy tham vọng để khởi động Đại học Singularity, có trụ sở tại phòng thí nghiệm NASA Ames ở Bay Area, nơi đào tạo các nhà khoa học chuẩn bị cho kỳ dị sắp tới.

Có nhiều biến thể và sự kết hợp của các chủ đề khác nhau này.

Bản thân Kurzweil tin rằng: "Sẽ không có một cuộc xâm lược của những cỗ máy thông minh trong tương lai. Chúng ta sẽ hợp nhất với công nghệ này... Chúng ta sẽ đặt những thiết bị thông minh này vào cơ thể và bộ não của con người để sống lâu hơn và khỏe mạnh hơn."

Bất kỳ ý tưởng nào gây tranh cãi như điểm kỳ dị đều sẽ tạo ra một phản ứng dữ dội. Mitch Kapor, người sáng lập LotusDevelopment Corporation, nói rằng điểm kỳ dị là "thiết kế thông minh cho chỉ số IQ 140... Đề xuất việc chúng ta đang hướng đến điểm mà mọi thứ sẽ khác biệt không tưởng – về cơ bản, theo quan điểm của tôi, được thúc đẩy bởi động cơ tôn giáo. Và bao nhiêu cái khoát tay phân bua cũng không thể che khuất sự thật đó."

Douglas Hofstadter nói: "Cứ như thể bạn đã ăn rất nhiều thức ăn đã trộn đều phân chó nên không thể biết được cái gì là tốt, xấu. Đó là một hỗn hợp của những rác rưởi và ý tưởng hay, rất khó để giải quyết cả hai, bởi đây là những người thông minh; họ không ngu ngốc."

Không ai biết điều này sẽ diễn ra như thế nào. Nhưng tôi nghĩ sau đây là kịch bản khả thi nhất.

KỊCH BẢN KHẢ THI NHẤT: TRÍ TUỆ NHÂN TẠO THÂN THIỆN

Đầu tiên, các nhà khoa học có thể sẽ có biện pháp đơn giản để đảm bảo robot không nguy hiểm. Ít nhất, các nhà khoa học có thể đặt một con chip vào bộ não robot để tự động tắt chúng nếu chúng có suy nghĩ giết người. Theo cách tiếp cận này, tất cả các robot thông minh sẽ được trang bị một cơ chế hỏng-an toàn được bật bởi con người bất cứ lúc nào, đặc biệt khi một robot thể hiện hành vi sai trái. Một ví dụ nhỏ là khi robot bị trục trặc, bất kỳ lệnh thoại nào cũng có thể tắt nó ngay lập tức.

Hoặc cũng có thể tạo ra robot thợ săn chuyên biệt để tiêu diệt các robot không bình thường. Robot thợ săn sẽ được thiết kế đặc biệt với tốc độ, sức mạnh và sự phối hợp vượt trội nhằm phát hiện các robot

lệch chuẩn. Chúng sẽ được thiết kế để hiểu các điểm yếu của bất kỳ hệ thống robot nào và hoạt động của các robot này trong các điều kiện nhất định. Con người cũng có thể được đào tạo kỹ năng này. Trong bộ phim *Blade Runner* (Tội phạm người máy), một đội đặc nhiệm, bao gồm một vai do Harrison Ford đóng, thuần thục các kỹ thuật cần thiết để trung hòa bất kỳ robot ác nào.

Do sẽ mất nhiều thập kỷ nỗ lực để robot từ từ đi lên thang tiến hóa, sẽ không bất ngờ khi nhân loại mất cảnh giác và tất cả chúng ta bị nhốt vào vườn thú. Theo tôi, ý thức là một quá trình có thể được xếp hạng theo thang điểm, chứ không phải là một sự kiện tiến hóa đột ngột, và phải mất nhiều thập kỷ để robot tăng điểm trên thang ý thức này. Xét cho cùng, Mẹ Thiên Nhiên mất hàng triệu năm để phát triển ý thức con người. Vì vậy, con người sẽ không mất cảnh giác khi Internet bất ngờ "tỉnh dậy" hoặc robot đột nhiên bắt đầu lên kế hoạch cho bản thân.

Đây là lựa chọn được ưa thích của nhà văn khoa học viễn tưởng Isaac Asimov, người đã hình dung ra từng robot làm việc trong nhà máy với ba luật để ngăn chặn chúng mất kiểm soát. Ông đã nghĩ ra ba điều luật robot nổi tiếng để ngăn robot làm tổn thương bản thân hoặc con người. (Về cơ bản, ba điều luật nói rằng robot không thể gây hại cho con người, phải tuân theo con người và phải tự bảo vệ mình.)

(Ngay cả ba điều luật Asimov cũng hàm chứa mâu thuẫn. Ví dụ, nếu tạo ra một robot nhân từ, điều gì sẽ xảy ra nếu con người có lựa chọn tự diệt gây nguy hiểm cho loài người? Đây là vấn đề mà Will Smith phải đối mặt trong phim *I, Robot*, khi máy tính trung tâm quyết định "một số người phải hy sinh và phải gỡ bỏ một số quyền tự do" để cứu loài người. Nhằm ngăn chặn robot nô dịch con người, một số người đã đề nghị phải thêm điều luật robot số 0: Robot không thể gây hại hoặc nô dịch nhân loại.)

Nhưng nhiều nhà khoa học đang hướng tới một thứ "trí tuệ nhân tạo thân thiện", robot được thiết kế ôn hòa ngay từ đầu. Vì chúng ta là

những người sáng tạo ra những robot này, chúng ta sẽ thiết kế chúng ngay từ đầu, để chỉ thực hiện các nhiệm vụ hữu ích và nhân đạo.

Eliezer Yudkowsky, người sáng lập Viện trí tuệ nhân tạo Singularity đã đưa ra khái niệm "trí tuệ nhân tạo thân thiện". Trí tuệ nhân tạo thân thiện hơi khác biệt so với các điều luật Asimov, vốn được áp đặt lên robot, có lẽ trái ngược với mong muốn của chúng. (Luật Asimov, áp đặt từ bên ngoài, có thể khiến robot nghĩ ra mẹo mực để luồn lách.) Ngược lại, trong trí tuệ nhân tạo thân thiện, robot được tự do giết người và phá phách. Không có quy tắc ép buộc đạo đức nhân tạo. Thay vào đó, những robot này được thiết kế ngay từ đầu để mong muốn giúp đỡ hơn là tiêu diệt con người. Chúng lựa chọn trở nên nhân từ.

Điều này dẫn đến một lĩnh vực mới có tên "robot xã hội", được thiết kế để cung cấp cho robot những phẩm chất giúp chúng hòa nhập vào xã hội loài người. Ví dụ, các nhà khoa học tại Hanson Robotics tuyên bố một trong những nghiên cứu của họ là thiết kế những robot "sẽ phát triển thành những sinh vật xã hội thông minh, biết yêu thương và là thành viên trong gia đình mở rộng của con người."

Nhưng vấn đề với tất cả các phương pháp này nằm ở chỗ, quân đội là nhà tài trợ lớn nhất cho hệ thống trí tuệ nhân tạo, và robot quân sự được thiết kế đặc biệt để săn, theo dõi và giết người. Người ta có thể dễ dàng tưởng tượng những người lính robot tương lai có nhiệm vụ xác định kẻ thù là con người và loại bỏ kẻ thù với hiệu suất tuyệt đối. Con người sau đó sẽ phải có biện pháp phòng ngừa đặc biệt để robot không chống lại chủ nhân. Ví dụ, máy bay không người lái Predator được điều khiển từ xa, do đó, có những người liên tục điều khiển chuyển động của chúng, nhưng một ngày, những chiếc máy bay này có thể tự động, tự lựa chọn và triệt hạ mục tiêu theo ý muốn. Sự cố trong một chiếc máy bay tự động như vậy có thể dẫn đến hậu quả thảm khốc.

Tuy nhiên, trong tương lai, việc tài trợ nhiều hơn cho robot sẽ đến từ khu vực thương mại dân sự, đặc biệt là từ Nhật Bản, nơi các robot được thiết kế để giúp đỡ hơn là phá hủy. Nếu xu hướng này tiếp tục,

thì có lẽ trí tuệ nhân tạo thân thiện có thể trở thành hiện thực. Ở kịch bản này, đó là lĩnh vực tiêu dùng và lực thị trường sẽ thống trị robot, do đó sẽ có một mối quan tâm thương mại rộng lớn trong việc đầu tư vào trí tuệ nhân tạo thân thiện.

HỢP NHẤT VỚI ROBOT

Ngoài trí tuệ nhân tạo thân thiện, còn có một tùy chọn khác: hợp nhất với các sáng tạo của chúng ta. Thay vì chỉ đơn giản là chờ đợi robot trở nên thông minh và mạnh hơn, chúng ta nên cố gắng cải thiện bản thân, trở thành siêu nhân trong quá trình này. Tôi tin là nhiều khả năng hai mục tiêu này đều xảy ra trong tương lai, tức là xây dựng trí tuệ nhân tạo thân thiện và nâng cao năng lực con người.

Lựa chọn này được khám phá bởi Rodney Brooks, cựu giám đốc Phòng thí nghiệm Trí tuệ Nhân tạo MIT nổi tiếng. Ông là người không theo lối mòn, lật đổ những ý tưởng thân thuộc cứng nhắc và đưa sự đổi mới vào lĩnh vực này.

Khi ông bước vào lĩnh vực này, phương pháp từ trên xuống chiếm ưu thế ở hầu hết các trường đại học. Nhưng lĩnh vực này đã bị đình trệ.

Brooks đã gây chú ý khi ông kêu gọi tạo ra một đội quân robot giống với côn trùng qua phương pháp tiếp cận từ dưới lên bằng cách va vào chướng ngại vật. Ông không muốn tạo ra thêm robot câm lặng ì ạch mất hàng giờ để đi ngang qua căn phòng. Thay vào đó, ông xây dựng "côn trùng" hay "bugbot" nhanh nhẹn, hầu như không cần lập trình nhưng sẽ nhanh chóng học cách đi bộ và di chuyển xung quanh các chướng ngại vật bằng phương pháp thử và sai. Ông hình dung ra ngày robot sẽ khám phá Hệ Mặt trời, va vào những thứ trên đường đi. Đó là một ý tưởng lạ lùng, được đề xuất trong bài luận của ông "Nhanh, rẻ và ngoài tầm kiểm soát", nhưng cách tiếp cận này cuối cùng đã mở ra một loạt các con đường mới. Một sản phẩm phụ của ý tưởng này là Mars Rovers hiện đang lùng sục trên bề mặt của Hành

tinh Đỏ. Không ngạc nhiên, ông cũng là chủ tịch của iRobot, công ty chuyên bán các robot hút bụi gia đình.

Ông nhận thấy một vấn đề là những người làm việc trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo chạy theo mốt nhất thời, áp dụng mô hình hiện tại, thay vì suy nghĩ theo những cách mới mẻ. Ví dụ, ông nhớ lại: "Hồi nhỏ, tôi có một cuốn sách mô tả bộ não như một mạng chuyển mạch điện thoại. Những cuốn sách trước đó mô tả bộ não như một hệ thống thủy động lực học hoặc động cơ hơi nước. Sau đó, trong những năm 1960, nó trở thành một máy tính kỹ thuật số. Trong những năm 1980, nó trở thành một máy tính kỹ thuật số song song. Có một cuốn sách thiếu nhi nào đó từng nói rằng bộ não giống như Mạng Lưới Thông Tin Toàn Cầu (World Wide Web)..."

Một số sử gia ghi lại rằng, phân tích tâm trí của Sigmund Freud bị ảnh hưởng từ sự xuất hiện của động cơ hơi nước. Sự lan tỏa của đường sắt qua châu Âu vào giữa những năm 1800 đã ảnh hưởng sâu sắc đến suy nghĩ của trí thức. Trong bức tranh của Freud, có những dòng năng lượng tâm trí liên tục cạnh tranh với các dòng chảy khác, giống như trong các đường ống hơi ở động cơ. Sự tương tác liên tục giữa siêu ngã, xung động bản năng và bản ngã tương tự như sự tương tác liên tục giữa các đường ống hơi trong đầu máy xe lửa. Và thực tế là kìm nén các dòng năng lượng này có thể dẫn đến loạn thần kinh tương tự như nổ hơi nước khi bị nén chặt.

Marvin Minsky thừa nhận với tôi một mô hình khác đã định hướng sai lĩnh vực này trong nhiều năm. Vì nhiều nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo trước kia là các nhà vật lý, có một thứ gọi là "ghen tỵ vật lý", nghĩa là, mong muốn tìm ra chủ đề duy nhất, hợp nhất bao quát mọi tri thức. Trong vật lý, chúng ta có mong muốn theo Einstein mô tả vũ trụ bằng một số phương trình thống nhất, tìm ra một phương trình dài hai phân rưỡi có thể tóm tắt vũ trụ theo một ý tưởng mạch lạc. Minsky tin rằng sự ghen tỵ này khiến các nhà nghiên cứu trí tuệ nhân tạo tìm kiếm chủ đề thống nhất cho ý thức. Giờ đây, ông tin rằng,

không có thứ như vậy. Sự tiến hóa xâu chuỗi ngẫu nhiên lại với nhau một loạt các kỹ thuật mà chúng ta gọi chung là ý thức. Tháo rời bộ não, bạn sẽ thấy một tập hợp các phần não nhỏ (minibrain) lỏng lẻo, mỗi phần được thiết kế để thực hiện một nhiệm vụ cụ thể. Ông gọi đây là "xã hội tâm trí": ý thức đó thực ra là tổng hợp của nhiều thuật toán và kỹ thuật riêng biệt mà thiên nhiên tình cờ tạo ra trong hàng triệu năm.

Rodney Brooks cũng đang tìm kiếm một mô hình tương tự, chưa từng được khám phá đầy đủ trước đó. Ông sớm nhận ra Mẹ Thiên Nhiên và sự tiến hóa đã giải quyết được nhiều vấn đề. Ví dụ, một con muỗi, chỉ với vài trăm nghìn tế bào thần kinh, có thể vượt trội hơn hệ thống robot quân sự lớn nhất. Không giống như máy bay không người lái, với bộ não nhỏ hơn đầu ghim, con muỗi có thể bay độc lập quanh chướng ngại, tìm kiếm thức ăn và bạn tình. Tại sao chúng ta không học hỏi từ thiên nhiên và sinh học? Nếu tuân theo quy mô tiến hóa thì côn trùng và chuột không có các quy tắc logic được lập trình trong bộ não. Chính nhờ thông qua thử thách và sai lầm, chúng tham gia vào thế giới và nắm vững nghệ thuật sinh tồn.

Hiện nay ông đang theo đuổi một ý tưởng kỳ dị khác, có trong bài luận "Sự sáp nhập của thể xác vào máy móc." Ông lưu ý rằng các phòng thí nghiệm cũ tại MIT thiết kế các thành phần silic cho robot công nghiệp và quân sự đang dần bị xóa bỏ, thay vào đó là một thế hệ robot mới được làm bằng mô sống cũng như silic và thép. Ông dự đoán một thế hệ robot hoàn toàn mới với sự tích hợp của các hệ thống sinh học và điện tử để tạo ra các kiến trúc hoàn toàn mới cho robot.

Ông viết: "Tôi dự đoán đến năm 2100, chúng ta sẽ có những robot rất thông minh ở khắp mọi nơi trong đời sống. Nhưng chúng ta sẽ không tách rời khỏi chúng – đúng hơn, chúng ta sẽ trở thành sinh vật nửa người nửa máy và kết nối với các robot."

Ông thấy điều này đang diễn ra theo từng giai đoạn. Ngày nay, chúng ta có cuộc cách mạng đang diễn ra trong sản xuất các bộ phận giả, cấy thiết bị điện tử trực tiếp vào cơ thể người để tạo ra các sản

phẩm thay thế cho thính giác, thị giác và các chức năng khác. Ví dụ, ốc tai nhân tạo đã cách mạng hóa lĩnh vực thính học, mang đến món quà là khả năng nghe cho người điếc. Những ốc tai nhân tạo này hoạt động bằng cách kết nối phần cứng điện tử với "phần ướt" sinh học, là các tế bào thần kinh. Bộ cấy ốc tai điện tử có một số thành phần. Một micro được đặt bên ngoài tai. Nó nhận sóng âm, xử lý chúng và truyền các tín hiệu bằng sóng vô tuyến đến bộ cấy đặt bên trong tai. Bộ cấy nhận tín hiệu vô tuyến và chuyển đổi thành dòng điện được gửi xuống các điện cực trong tai. Ốc tai nhận ra những xung điện và gửi chúng lên não. Những bộ cấy ghép này có thể sử dụng tới 24 điện cực và xử lý nửa tá tần số, đủ để nhận ra giọng nói của con người. Hiện tại, đã có 150.000 người trên thế giới được cấy ghép ốc tai điện tử.

Một số nhóm đang tìm cách hỗ trợ người mù bằng cách tạo ra tầm nhìn nhân tạo, kết nối máy ảnh với bộ não người. Một phương pháp là đưa trực tiếp chip silic vào võng mạc và gắn chip vào các tế bào thần kinh võng mạc. Cách khác là kết nối chip với một cáp đặc biệt được kết nối với mặt sau của hộp sọ, nơi não xử lý thị lực. Lần đầu tiên trong lịch sử, những nhóm này đã có thể khôi phục tầm nhìn cho người mù. Bệnh nhân đã có thể thấy tối đa 50 điểm ảnh chiếu sáng trước mắt họ. Cuối cùng, các nhà khoa học sẽ có thể mở rộng quy mô này để bệnh nhân có thể nhìn thấy hàng ngàn điểm ảnh.

Bệnh nhân có thể nhìn thấy pháo hoa, đường nét tay, ánh sáng, sự hiện diện của xe hơi và con người, đường nét của đồ vật. "Khi xem bóng chày, tôi có thể thấy người bắt bóng, người đập bóng và trọng tài." Linda Morfoot, một trong những đối tượng thử nghiệm chia sẻ.

Cho đến nay, 30 bệnh nhân đã có võng mạc nhân tạo với tối đa 60 điện cực. Tuy nhiên, Dự án Võng mạc Nhân tạo của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ, có trụ sở tại Đại học Nam California, đã lên kế hoạch cho một hệ thống mới với hơn 200 điện cực. Một thiết bị 1.000 điện cực cũng đang được nghiên cứu (nhưng nếu quá nhiều điện cực trong chip, nó có thể gây nóng võng mạc). Trong hệ thống này, một máy ảnh thu

nhỏ gắn trên kính mắt của một người mù chụp ảnh và gửi không dây đến một bộ vi xử lý, đeo trên một dây đai, chuyển thông tin cho chip được đặt trực tiếp trên võng mạc. Chip này gửi các xung cực nhỏ trực tiếp vào dây thần kinh võng mạc còn hoạt động, do đó bỏ qua các tế bào võng mạc khiếm khuyết.

BÀN TAY ROBOT TRONG *CHIẾN TRANH GIỮA CÁC VÌ SAO*

Áp dụng các cải tiến cơ học, ta có thể lặp lại các kỳ tích như phim khoa học viễn tưởng, bao gồm bàn tay robot trong *Chiến tranh giữa các vì sao* hay tầm nhìn tia X trong *Siêu nhân*. Trong phần *The Empire Strikes Back* (Đế chế phản công), bàn tay của Luke Skywalker bị thanh gươm ánh sáng của người cha tàn ác Darth Vader chém đứt. Không hề gì. Các nhà khoa học ở thiên hà xa xôi này nhanh chóng tạo ra một bàn tay cơ khí mới, hoàn chỉnh với những ngón tay có thể chạm vào và cảm nhận.

Nghe như chỉ có trong phim khoa học viễn tưởng, nhưng nó đã ở đây rồi. Các nhà khoa học Ý và Thụy Điển đã tạo ra một bàn tay robot có thể "cảm nhận". Robin Ekenstam hai mươi hai tuổi, bị cắt cụt bàn tay phải để loại bỏ khối u ung thư, giờ đây đã kiểm soát được chuyển động của ngón tay cơ khí và cảm nhận phản ứng. Các bác sĩ kết nối dây thần kinh trong cánh tay của Ekenstam với những con chip chứa trong bàn tay cơ khí để anh có thể điều khiển chuyển động ngón tay bằng bộ não. "Bàn tay thông minh" nhân tạo có bốn động cơ và 40 cảm biến. Chuyển động của các ngón tay cơ khí sau đó được chuyển tiếp đến não để anh có phản hồi. Bằng cách này, anh có thể kiểm soát và "cảm nhận" được chuyển động của bàn tay mình. Vì phản hồi là một trong những đặc điểm cơ bản của chuyển động cơ thể, điều này có thể cách mạng hóa cách chúng ta trị liệu cho bệnh nhân tháo khớp bằng chân tay giả.

Ekenstam thổ lộ: "Thật tuyệt vời. Tôi đã có lại cảm giác bị mất đi suốt một thời gian dài. Bây giờ tôi đang có cảm giác trở lại. Nếu nắm một thứ gì đó thật chặt, tôi có thể cảm thấy nó trong tầm tay, thật lạ lùng vì tôi không còn các ngón tay nữa."

Một trong những nhà nghiên cứu, Christian Cipriani của Scuola Superiore Sant'Anna, chia sẻ: "Đầu tiên, não điều khiển bàn tay cơ khí mà không cần co cơ. Thứ hai, bàn tay có thể đưa ra phản hồi cho bệnh nhân để anh ấy có thể cảm nhận được. Cũng giống như một bàn tay thực sự."

Sự phát triển này rất quan trọng vì có nghĩa một ngày nào đó con người sẽ dễ dàng kiểm soát chân tay cơ khí như thể chúng bằng xương bằng thịt. Thay vì học cách di chuyển tay chân kim loại đầy tẻ nhạt, con người sẽ đối xử với những phần phụ cơ học như thể chúng là thật, cảm nhận mọi sắc thái của chuyển động chân tay qua cơ chế phản hồi điện tử.

Đây cũng là bằng chứng của một giả thuyết cho rằng bộ não cực kỳ linh hoạt, không cố định và liên tục tự sửa khi học các nhiệm vụ mới và điều chỉnh cho các tình huống mới. Do đó, bộ não sẽ có khả năng thích ứng đủ để điều khiển bất kỳ phần phụ hoặc cơ quan cảm giác mới nào. Các bộ phận này có thể được gắn vào não ở những vị trí khác nhau và bộ não đơn giản "học" để kiểm soát sự gắn bó mới này. Nếu vậy, sau đó não có thể được xem như một thiết bị mô-đun, có thể cắm vào rồi kiểm soát các phần phụ và cảm biến từ các thiết bị khác nhau. Chúng ta có thể trông đợi điều này nếu bộ não là một mạng lưới thần kinh tạo ra các kết nối và các nhánh thần kinh mới mỗi khi nó học một nhiệm vụ mới, bất kể đó là nhiệm vụ gì.

Rodney Brooks viết: "Trong vòng 10 đến 20 năm tới, sẽ có một sự dịch chuyển văn hóa, trong đó chúng ta sẽ áp dụng công nghệ robot, silic và thép vào cơ thể để cải thiện những gì con người có thể làm và hiểu thế giới." Khi Brooks phân tích các tiến bộ tại Đại học Brown và Đại học Duke trong việc nối trực tiếp bộ não với một máy tính hoặc cánh tay cơ khí, ông kết luận: "Tất cả chúng ta đều có thể có kết nối Internet không dây được cài đặt trực tiếp vào bộ não."

Trong giai đoạn tiếp theo, ông cho rằng việc sáp nhập silic vào tế bào sống không chỉ để chữa bệnh mà còn từ từ nâng cao khả năng của

con người. Ví dụ, nếu ngày nay bộ cấy ốc tai và võng mạc có thể phục hồi thính lực và thị giác, thì tương lai cũng có thể cho con người năng lực siêu phàm. Chúng ta có thể nghe thấy những âm thanh mà chỉ loài chó mới nghe thấy hoặc nhìn thấy tia cực tím, tia hồng ngoại và tia X.

Điều này cũng có thể tăng trí thông minh của con người. Brooks trích dẫn nghiên cứu trong đó người ta thêm các lớp tế bào thần kinh vào não chuột tại một mốc quan trọng trong quá trình phát triển của nó. Khả năng nhận thức của con chuột đã tăng lên đáng kể. Ông hình dung trong tương lai gần khi trí thông minh của bộ não con người cũng có thể được cải thiện bằng một quá trình tương tự. Trong chương sau, chúng ta sẽ thấy các nhà sinh vật học phân lập được một gen ở chuột mà các phương tiện truyền thông đặt tên là "gen chuột thông minh." Với việc bổ sung gen này, những con chuột đó có nhiều khả năng nhớ và học tập hơn.

Và cho đến giữa thế kỷ, Brooks hình dung thời điểm mà những cải tiến tưởng tượng của cơ thể có thể thành hiện thực, cho chúng ta khả năng vượt xa người bình thường. "Năm mươi năm nữa tính từ thời điểm hiện tại, chúng ta có thể thấy sự thay đổi căn bản của cơ thể con người thông qua biến đổi gen." Khi thêm vào những cải tiến điện tử, "con người sẽ mở rộng theo những cách mà ngày nay được cho là không tưởng... Chúng ta sẽ không còn thấy mình bị giới hạn bởi sự tiến hóa của Darwin," ông nói.

Nhưng bất cứ điều gì, tất nhiên, có thể bị đẩy đi quá xa. Chúng ta nên sáp nhập với các sáng tạo robot đến đâu trước khi có người nổi dậy và thấy việc này ghê sợ?

NGƯỜI THAY THẾ VÀ ĐẠI DIỆN

Có một cách để kết hợp với robot, nhưng không thay đổi cơ thể con người, là tạo ra người thay thế hoặc đại diện. Trong phim *Kẻ thế mạng*, với sự tham gia của Bruce Willis, trong năm 2017 các nhà khoa học đã khám phá ra cách để con người kiểm soát robot như thể họ đang

ở trong chúng, để con người có thể sống cuộc sống của mình trong những cơ thể hoàn hảo. Robot đáp ứng mọi mệnh lệnh, người đó cũng thấy và cảm nhận mọi thứ mà robot thấy và cảm nhận. Cả khi thân xác của chúng ta phân hủy và khô kiệt, chúng ta vẫn kiểm soát được chuyển động của robot thay thế, có sức mạnh siêu nhiên và được định hình hoàn hảo. Bộ phim trở nên phức tạp do mọi người thích sống cuộc sống của họ như những con robot xinh đẹp, điển trai và siêu năng lực, bỏ mặc những cơ thể mục nát bị giấu nhẹm đi. Kết quả là toàn bộ nhân loại sẵn sàng trở thành robot hơn là đối mặt với thực tế.

Trong phim *Avatar*, điều này được lặp lại nhưng tiến xa hơn. Thay vì sống như một robot hoàn hảo, năm 2154, chúng ta có thể sống như những sinh vật ngoài hành tinh. Trong phim, cơ thể người được đặt trong vỏ, cho phép kiểm soát chuyển động của các cơ thể ngoài hành tinh được sao chép đặc biệt. Theo một nghĩa nào đó, chúng ta được trao những cơ thể hoàn toàn mới để sống trên một hành tinh mới. Bằng cách này, chúng ta có thể giao tiếp tốt hơn với người ngoài hành tinh bản xứ trên các hành tinh khác. Phim sang hồi gay cấn khi một người quyết định từ bỏ nhân loại và sống như một người ngoài hành tinh thực thụ, bảo vệ họ khỏi lính đánh thuê.

Những người thay thế và đại diện này ngày nay là không tưởng nhưng có thể thành hiện thực trong tương lai.

Gần đây, ASIMO đã được lập trình với một ý tưởng mới: cảm biến từ xa. Tại Đại học Kyoto, con người đã được đào tạo để kiểm soát chuyển động cơ học của robot bằng cách sử dụng cảm biến não. Ví dụ, bằng cách đội mũ điện não đồ, học sinh có thể di chuyển cánh tay và chân của ASIMO bằng cách suy nghĩ đơn giản. Cho đến nay, bốn chuyển động riêng biệt của cánh tay và đầu đã thành công. Điều này có thể mở cánh cửa đến một lĩnh vực khác của trí tuệ nhân tạo: robot điều khiển bởi tâm trí.

Mặc dù đây là minh chứng khá thô sơ về việc tâm trí vượt qua vật chất, nhưng trong những thập kỷ tới, chúng ta có thể kiểm soát nhiều

chuyển động robot hơn, và cũng để có được phản hồi, vì vậy chúng ta có thể “cảm nhận” với bàn tay robot mới của mình. Kính bảo hộ hoặc kính áp tròng sẽ cho phép chúng ta xem những gì robot thấy, vì vậy chúng ta cuối cùng có thể kiểm soát toàn bộ chuyển động của cơ thể.

Điều này cũng có thể giúp giảm bớt vấn đề nhập cư cho Nhật Bản. Công nhân có thể ở các nước khác nhau, điều khiển robot cách xa hàng ngàn dặm nhờ được gắn cảm biến não. Vì vậy, Internet không chỉ truyền được suy nghĩ của nhân viên văn phòng, nó cũng có thể mang suy nghĩ của những người lao động chân tay và chuyển chúng thành những chuyển động thực. Điều này có nghĩa robot sẽ trở thành một phần không thể tách rời của bất kỳ quốc gia nào đang vật lộn với chi phí y tế bùng nổ và thiếu lao động.

Điều khiển robot bằng cảm biến từ xa cũng có thể có ứng dụng khác. Trong bất kỳ môi trường nguy hiểm nào (ví dụ, dưới nước, gần đường dây điện cao thế, trong đám cháy), robot điều khiển bởi suy nghĩ của con người có thể được sử dụng trong các nhiệm vụ cứu hộ. Hoặc robot dưới biển có thể được kết nối trực tiếp với con người, do đó con người chỉ cần dùng ý nghĩ để kiểm soát nhiều robot bơi. Do vật thay thế có thể có siêu sức mạnh, nó sẽ đuổi theo tội phạm (trừ khi tội phạm cũng có người thay thế siêu cường). Chúng ta sẽ có tất cả những lợi thế của việc sáp nhập với robot mà không làm thay đổi cơ thể con người.

Sự sắp xếp như vậy thực sự hữu ích trong việc thăm dò không gian, khi chúng ta phải quản lý một cơ sở vĩnh viễn trên Mặt trăng. Người thay thế của chúng ta có thể thực hiện tất cả các nhiệm vụ nguy hiểm của việc duy trì cơ sở trên Mặt trăng, còn các phi hành gia an toàn trở lại Trái đất. Các phi hành gia sẽ có siêu sức mạnh và siêu năng lực của robot khi khám phá các hành tinh nguy hiểm. (Điều này sẽ không hiệu quả nếu các phi hành gia trên Trái đất kiểm soát người thay thế trên Sao Hỏa, vì các tín hiệu vô tuyến mất tới 40 phút để đi từ Trái đất đến Sao Hỏa và ngược lại, nhưng nó sẽ hữu ích nếu các phi hành gia

ngồi an toàn trên Sao Hỏa trong khi người đại diện đi ra ngoài và thực hiện các nhiệm vụ nguy hiểm trên bề mặt Sao Hỏa.)

SỰ HỢP NHẤT VỚI ROBOT XA ĐẾN ĐÂU?

Người tiên phong trong lĩnh vực robot, Hans Moravec, tiến thêm một vài bước nữa và tưởng tượng ra một phiên bản cực đoan: con người trở thành những robot mà chúng ta đã tạo ra. Ông giải thích cho tôi cách chúng ta hợp nhất với những sáng tạo robot của mình bằng cách trải qua một cuộc phẫu thuật não thay thế mỗi tế bào thần kinh bằng một bóng bán dẫn bên trong robot. Ca mổ bắt đầu khi chúng ta nằm cạnh một robot rỗng não. Một bác sĩ phẫu thuật robot lấy mọi cụm chất xám trong bộ não, sao chép nó bằng bóng bán dẫn, kết nối các tế bào thần kinh với các bóng bán dẫn, và đặt các bóng bán dẫn vào hộp sọ trống của robot. Vì mỗi cụm tế bào thần kinh được nhân đôi trong robot, nó bị loại bỏ. Chúng ta hoàn toàn tỉnh táo khi ca mổ này diễn ra. Một phần của não vẫn nằm trong cơ thể cũ của chúng ta, nhưng phần khác bây giờ được tạo thành từ các bóng bán dẫn bên trong cơ thể robot mới. Sau khi ca mổ kết thúc, bộ não của con người đã được chuyển hoàn toàn vào cơ thể của một robot. Chúng ta không chỉ có một cơ thể robot mà còn có những ưu thế của một robot: sự bất tử trong những cơ thể siêu phàm hoàn hảo về ngoại hình. Điều này sẽ không thể xảy ra trong thế kỷ 21, nhưng trở thành một lựa chọn trong thế kỷ 22.

Trong kịch bản cuối cùng, con người loại bỏ hoàn toàn cơ thể vụng về của mình và cuối cùng phát triển các chương trình phần mềm thuần túy mã hóa tính cách của chúng ta. Chúng ta "tải" toàn bộ tính cách của mình vào máy tính. Nếu ai đó nhấn một nút có tên bạn, máy tính sẽ hoạt động như thể bạn đang ở trong bộ nhớ, vì nó đã mã hóa tất cả các tính cách cá nhân của bạn bên trong mạch. Con người trở nên bất tử, nhưng bị mắc kẹt bên trong một máy tính, tương tác với "người khác" (nghĩa là, các chương trình phần mềm khác) trong một

số không gian mạng ảo/thực tế ảo. Sự tồn tại thể xác sẽ bị loại bỏ, thay thế bằng chuyển động của các electron trong chiếc máy tính khổng lồ này. Trong bức tranh này, số phận cuối cùng của con người chuyển thành những dòng mã trong chương trình máy tính rộng lớn, với tất cả những cảm giác rõ ràng về cơ thể nhảy múa trong thiên đường ảo. Chúng ta sẽ chia sẻ những suy nghĩ sâu sắc với các dòng mã máy tính khác, sống trong ảo tưởng lớn này. Chúng ta có những cuộc khám phá tuyệt vời, anh hùng chinh phục thế giới mới, không biết rằng thực tế chúng ta chỉ là những electron nhảy múa bên trong một số máy tính. Tất nhiên, cho đến khi ai đó tắt máy.

Nhưng một vấn đề với việc đẩy các kịch bản này đi quá xa là Nguyên lý Người Thượng Cổ. Như đã đề cập trước đó, bộ não con người có kiến trúc của một người săn bắt hái lượm nguyên thủy xuất hiện từ châu Phi cách đây hơn 100.000 năm. Những mong muốn sâu sắc nhất, thức ăn, mọi nhu cầu đều được trui rèn trên đồng cỏ Châu Phi khi chúng ta trốn tránh kẻ săn mồi, săn bắt, lùng sục trong rừng, tìm bạn tình và giải trí bên lửa trại.

Một trong những mong muốn thầm kín của con người là có vẻ bề ngoài đẹp đẽ, đặc biệt là đối với người khác giới và người bằng vai. Một phần lớn thu nhập của chúng ta, sau khi giải trí, được dành để chăm chút cho vẻ bên ngoài. Đó là lý do tại sao phẫu thuật thẩm mỹ phát triển bùng nổ, botox, sản phẩm làm đẹp, quần áo cao cấp, cũng như học các bước nhảy mới, tăng cơ bắp, mua những bản nhạc mới nhất và giữ dáng. Nếu cộng tất cả các thứ này lại, nó sẽ trở thành một phần lớn chi tiêu tiêu dùng, từ đó tạo ra một phần lớn nền kinh tế Mỹ.

Điều này có nghĩa, ngay cả với khả năng tạo ra những cơ thể hoàn hảo gần như bất tử, con người có lẽ sẽ chống lại ham muốn về một cơ thể robot nếu trông giống một robot vụng về với dây nhợ lủng lẳng xung quanh. Không ai muốn trông giống như một người tị nạn trong phim khoa học viễn tưởng. Nếu chúng ta có cơ thể tăng cường, đó phải làm một cơ thể hấp dẫn đối với người khác giới và nâng cao danh

tiếng giữa đám bạn bằng vai, hoặc chúng ta sẽ từ chối chúng. Chẳng có bạn trẻ nào lại muốn được tăng cường nhưng nhìn nhàm chán?

Một số nhà văn khoa học viễn tưởng đưa ra ý tưởng loài người sẽ tách rời khỏi cơ thể và tồn tại như những sinh vật thông minh thuần khiết sống bên trong một số máy tính, suy ngẫm sâu sắc. Nhưng ai muốn sống như vậy? Có lẽ con cháu của chúng ta sẽ không muốn giải các phương trình vi phân mô tả một lỗ đen. Trong tương lai, mọi người có thể muốn dành nhiều thời gian hơn để nghe nhạc rock theo cách cổ điển hơn là tính toán chuyển động của các hạt hạ nguyên tử khi sống bên trong máy tính.

Greg Stock của UCLA nghiên cứu xa hơn và không thấy nhiều lợi thế trong việc kết nối bộ não với một siêu máy tính. Ông nói: "Khi cố gắng nghĩ về những gì có thể đạt được bằng cách liên kết giữa não và siêu máy tính, tôi cảm thấy khó chịu nếu nhấn mạnh vào hai tiêu chí: những lợi ích không thể dễ dàng đạt được nếu chỉ thực hiện một số thủ thuật không xâm lấn, và những lợi ích phải đáng để trải qua sự khó chịu của phẫu thuật não."

Vì vậy, mặc dù có nhiều lựa chọn cho tương lai, cá nhân tôi tin rằng con đường khả thi nhất là xây dựng robot nhân từ và thân thiện, nâng cao khả năng của con người lên một mức độ, nhưng hãy tuân theo Nguyên lý Người Thượng Cổ. Chúng ta sẽ nắm lấy ý tưởng tạm thời sống cuộc sống của một siêu anh hùng thông qua người thay thế nhưng sẽ chống lại ý tưởng dành cuộc sống vĩnh viễn bên trong máy tính hoặc thay đổi cơ thể cho đến khi nó trở nên không thể nhận ra.

RÀO CHẮN ĐẾN ĐIỂM KỲ DỊ

Không ai biết khi nào robot có thể trở nên thông minh như con người. Nhưng theo tôi, ngày đó rơi vào khoảng gần cuối thế kỷ vì nhiều lý do.

Đầu tiên, những tiến bộ rực rỡ trong công nghệ máy tính là nhờ định luật Moore. Những tiến bộ này sẽ bắt đầu chậm lại, thậm chí

dừng lại vào khoảng năm 2020-2025, vì vậy không rõ liệu chúng ta có thể tính toán tin cậy tốc độ của máy tính sau đó hay không. (Xem Chương 4 để biết thêm về thời kỳ hậu silic.) Trong cuốn sách này, tôi giả định rằng sức mạnh máy tính sẽ tiếp tục tăng, nhưng với tốc độ chậm hơn.

Thứ hai, ngay cả khi máy tính có thể tính toán ở tốc độ tuyệt vời như 10^{16} phép tính mỗi giây, điều này không nhất thiết có nghĩa là nó thông minh hơn chúng ta. Ví dụ, Deep Blue, máy chơi cờ vua của IBM, có thể phân tích 200 triệu thế cờ mỗi giây, đánh bại nhà vô địch thế giới. Nhưng Deep Blue, với tất cả tốc độ và công suất tính toán, không thể làm được gì khác. Như chúng ta đã biết, trí thông minh thực sự rộng hơn nhiều việc tính toán vị trí các quân cờ.

Ví dụ, thiên tài tự kỷ có thể có khả năng ghi nhớ và tính toán kỳ diệu. Nhưng họ gặp khó khăn trong việc buộc dây giày, kiếm việc làm hoặc tương tác xã hội. Bộ phim *Rain Man* (Người đi trong mưa) dựa trên cuộc đời phi thường của Kim Peek, người có khả năng ghi nhớ mọi từ trong 12.000 cuốn sách và có thể thực hiện các phép tính mà chỉ có một máy tính mới có thể kiểm tra. Tuy nhiên, anh có chỉ số IQ 73, gặp khó khăn trong việc trò chuyện và cần hỗ trợ thường xuyên. Không có sự giúp đỡ của cha, anh hầu như bất lực. Nói cách khác, các máy tính siêu nhanh của tương lai sẽ giống như những thiên tài tự kỷ, có thể ghi nhớ một lượng thông tin khổng lồ, nhưng chỉ có thế, không thể tự mình tồn tại trong thế giới thực.

Ngay cả khi máy tính bắt đầu để phù hợp với tốc độ tính toán của bộ não, chúng vẫn sẽ thiếu phần mềm cần thiết và lập trình để mọi thứ hoạt động. Đạt được tốc độ tính toán của bộ não chỉ là sự khởi đầu khiêm tốn.

Thứ ba, ngay cả khi robot thông minh là có thể, không có gì rõ ràng liệu robot có thể làm cho bản sao của mình thông minh hơn bản gốc. Phép toán đằng sau robot tự sao chép được phát triển đầu tiên bởi nhà toán học John von Neumann, người đã phát minh ra lý thuyết trò

chơi và giúp phát triển máy tính điện tử. Ông đi tiên phong trong việc xác định số lượng giả định tối thiểu trước khi một cỗ máy có thể tạo ra bản sao của chính nó. Tuy nhiên, ông không bao giờ giải quyết câu hỏi liệu một robot có thể tạo ra một bản sao thông minh hơn chính nó hay không. Trên thực tế, định nghĩa "thông minh" rất có vấn đề, vì không có định nghĩa "thông minh" phổ quát nào được chấp nhận rộng rãi.

Chắc chắn, robot có thể tạo ra bản sao với nhiều bộ nhớ và khả năng xử lý bằng cách đơn giản là nâng cấp và thêm nhiều chip. Nhưng điều này có nghĩa là bản sao thông minh hơn hay chỉ nhanh hơn? Ví dụ, một máy cộng nhanh gấp hàng triệu lần con người, với bộ nhớ và tốc độ xử lý nhiều hơn, nhưng nó chắc chắn không thông minh hơn. Trí thông minh không chỉ là trí nhớ và tốc độ.

Thứ tư, mặc dù phần cứng có thể tiến triển theo cấp số nhân, phần mềm có thể không. Trong khi phần cứng đã phát triển bởi khả năng khắc bóng bán dẫn trên wafer ngày càng nhỏ, phần mềm lại hoàn toàn khác; nó đòi hỏi một người ngồi xuống với bút chì, giấy và viết mã. Nút thắt cổ chai là ở đó: con người.

Giống như mọi hoạt động sáng tạo của con người, phần mềm tiến triển thất thường, từng đợt một, với những hiểu biết tuyệt vời và những công việc nhàm chán vất vả trì trệ kéo dài. Không giống như chỉ đơn giản là khắc nhiều bóng bán dẫn vào silic, mà đã phát triển như bộ máy đồng hồ, phần mềm phụ thuộc vào bản chất không thể đoán trước của sự sáng tạo và ý thích. Do đó mọi dự đoán về sức mạnh máy tính tăng trưởng đều đặn theo cấp số nhân cần phải được kiểm chứng. Một sợi xích chỉ bền được nhờ mắt xích yếu nhất và mắt xích yếu nhất ở đây chính là phần mềm do con người lập trình.

Sự tiến triển kỹ thuật thường tăng theo cấp số nhân, đặc biệt khi vấn đề đơn giản là để đạt được hiệu quả cao hơn, chẳng hạn như khắc nhiều bóng bán dẫn hơn lên wafer silic. Nhưng khi nói đến nghiên cứu cơ bản, đòi hỏi sự may mắn, kỹ năng và vụt sáng của thiên tài, sự tiến triển giống như "cân bằng ngắt quãng", với khoảng thời gian dài

không có gì xảy ra, với đột phá đột ngột làm thay đổi toàn bộ vấn đề. Nếu nhìn vào lịch sử nghiên cứu cơ bản, từ Newton đến Einstein cho đến ngày nay, chúng ta sẽ thấy trạng thái cân bằng ngắt quãng mô tả chính xác hơn sự tiến triển này.

Thứ năm, như đã thấy trong nghiên cứu về kỹ thuật đảo ngược não, chi phí và quy mô khổng lồ của dự án có thể sẽ trì hoãn nó vào giữa thế kỷ này. Và sau đó sẽ mất nhiều thập kỷ để phân tích toàn bộ số liệu, đẩy kỹ thuật đảo ngược bộ não đến cuối thế kỷ này.

Thứ sáu, có lẽ sẽ không phải là một "vụ nổ lớn" khởi sinh cho tất thảy, khi các cỗ máy đột nhiên trở nên có ý thức. Nếu ở phần trước, chúng ta định nghĩa ý thức bao gồm khả năng lập kế hoạch cho tương lai bằng cách chạy các mô phỏng tương lai, thì sẽ có một phổ ý thức. Máy móc sẽ từ từ tăng dần trên thang điểm này, cho chúng ta nhiều thời gian để chuẩn bị. Tôi tin điều này sẽ xảy ra vào cuối thế kỷ này, do đó, có nhiều thời gian để thảo luận về các tùy chọn có sẵn khác nhau. Ngoài ra, ý thức trong máy móc có lẽ sẽ có những đặc thù riêng. Vì vậy, một hình thức "ý thức silic" chứ không phải là ý thức như con người sẽ phát triển trước tiên.

Nhưng điều này đặt ra một câu hỏi khác. Mặc dù có những cách cơ khí để tăng cường cơ thể con người, cũng có những cách sinh học. Trong thực tế, toàn bộ lực đẩy của tiến hóa là việc lựa chọn các gen tốt hơn, vậy tại sao không rút ngắn hàng triệu năm tiến hóa và kiểm soát số phận di truyền của con người?

Không ai thực sự dám nói điều này, nhưng nếu chúng ta có thể tạo ra loài người tốt hơn bằng việc biết cách thêm gen, thì tại sao lại không?

—JAMES WATSON, Nhà khoa học đạt giải Nobel

Tôi không thực sự nghĩ còn có bất kỳ bí mật nào về cơ thể con người trong thế kỷ này. Và như vậy, bất cứ điều gì chúng ta nghĩ đến đều có tiềm năng trở thành hiện thực.

—DAVID BALTIMORE, Nhà khoa học đạt giải Nobel

Tôi không nghĩ rằng thời cơ chín muồi, nhưng nó đang đến gần. Thật không may, tôi sợ rằng mình thuộc thế hệ cuối cùng còn được chết.

—GERALD SUSSMAN

3 TƯƠNG LAI CỦA Y HỌC *Sự hoàn hảo và hơn thế nữa*

Các vị thần trong thần thoại sở hữu sức mạnh tối thượng: sức mạnh vượt qua sự sống và cái chết, khả năng chữa bệnh và kéo dài cuộc sống. Lời cầu nguyện trên hết của con người với các vị thần là được giải thoát khỏi bệnh dịch và ốm đau.

Trong thần thoại Hy Lạp và La Mã, có câu chuyện về Eos, nữ thần bình minh xinh đẹp. Một ngày nọ, nàng đem lòng yêu chàng Tithonus. Eos có một cơ thể hoàn hảo và bất tử, nhưng Tithonus rồi sẽ già đi, tiều tụy và chết. Quyết tâm cứu người mình yêu khỏi số phận buồn thảm này, nàng đã thuyết phục Zeus, cha của các vị thần, ban cho Tithonus món quà bất tử để họ có thể sống đời đời bên nhau. Thương cảm cho hai người yêu nhau, Zeus đã ban cho Eos điều ước của mình.

Nhưng Eos, vì vội vàng mà quên khẩn cầu tuổi trẻ vĩnh cửu cho Tithonus. Vì vậy, Tithonus trở nên bất tử, nhưng cơ thể lại già đi. Không thể chết được, ông ngày càng trở nên già yếu và suy sụp, sống mãi mãi trong đau đớn và tuyệt vọng.

Đó là thách thức đối với khoa học của thế kỷ 21. Các nhà khoa học hiện đang tìm cách giải mã cuộc sống, trong đó có hệ gen hoàn chỉnh của con người, và hứa hẹn mang đến những tiến bộ kỳ diệu trong hiểu biết về lão hóa. Nhưng kéo dài sự sống mà không có sức khỏe và sức sống có thể là một hình phạt đời đời, như Tithonus đã cay đắng nhận ra.

Đến cuối thế kỷ này, chúng ta cũng sẽ có sức mạnh thần thoại về sự sống và cái chết. Và sức mạnh này không chỉ để chữa bệnh mà còn được sử dụng để tăng cường cơ thể con người và thậm chí tạo ra các dạng sống mới. Tuy nhiên, chúng ta sẽ đạt được điều này không phải nhờ những lời cầu nguyện hay thần chú, mà là nhờ phép lạ của công nghệ sinh học.

Một trong những nhà khoa học đang mở khóa những bí mật của sự sống là Robert Lanza, một người bận rộn. Anh thuộc thế hệ nhà sinh vật học mới, trẻ trung, tràn đầy năng lượng và những ý tưởng mới mẻ – tạo ra rất nhiều đột phá trong khoảng thời gian rất ngắn. Lanza đang ở trên đỉnh của cuộc cách mạng công nghệ sinh học. Giống như một đứa trẻ trong cửa hàng kẹo, anh thích thú đi sâu vào vương quốc thám hiểm, tạo ra những đột phá trong một loạt các chủ đề nóng.

Vào một hay hai thế hệ trước, nhịp nghiên cứu rất khác. Bạn có thể tìm thấy các nhà sinh vật học nhàn nhã kiểm tra giun và sâu bọ, kiên nhẫn nghiên cứu giải phẫu chi tiết của chúng và trằn trọc suy nghĩ đặt tên gì cho chúng theo tiếng Latin.

Lanza không nằm trong số đó.

Một ngày tôi gặp anh tại phòng thu radio cho một cuộc phỏng vấn và ngay lập tức bị ấn tượng bởi tuổi trẻ và sự sáng tạo vô biên của anh. Như thường lệ, anh hối hả giữa các thí nghiệm. Anh nói với tôi

rằng đã bắt đầu trong lĩnh vực phát triển nhanh này theo cách bất thường nhất. Lanza xuất thân từ một gia đình lao động bình thường ở phía nam Boston, nơi ít người đi học đại học. Nhưng khi còn học trung học, anh đã nghe những tin tức đáng kinh ngạc về việc làm sáng tỏ ADN. Anh đã hoàn toàn bị lôi cuốn. Anh quyết định thực hiện một dự án khoa học: nhân bản vô tính một con gà trong phòng của mình. Cha mẹ anh hoang mang không biết con mình đang làm gì, nhưng vẫn hết sức ủng hộ.

Để dự án của mình có được kết quả khả quan ngay từ đầu, anh đã đến Harvard để tìm lời khuyên. Không biết ai, anh hỏi một người mà anh nghĩ là lao công. Bị thu hút, người lao công đưa anh đến văn phòng của mình. Lanza nhận ra người anh tưởng là lao công hóa ra là một trong những nhà nghiên cứu cao cấp tại phòng thí nghiệm. Ấn tượng bởi sự táo bạo tuyệt đối của cậu học sinh trung học, ông đã giới thiệu Lanza cho các nhà khoa học khác ở đó, bao gồm nhiều nhà nghiên cứu có khả năng đoạt giải Nobel, những người sẽ có thể thay đổi cuộc sống của anh. Lanza so sánh mình với nhân vật của Matt Damon trong bộ phim *Good Will Hunting* (Chàng Will tốt bụng), trong đó một đứa trẻ đường phố đã khiến các giáo sư tại Viện Công nghệ Massachusetts (MIT) kinh ngạc với thiên tài toán học của mình.

Hiện nay, Lanza là giám đốc khoa học của Advanced Cell Technology (Công nghệ Tế bào Tiên tiến), đứng tên hàng trăm bài báo và phát minh. Năm 2003, anh lên mặt báo khi được Sở thú San Diego đề nghị nhân bản vô tính bò banteng, một loài bò hoang dã bị đe dọa tuyệt chủng, từ một xác chết hai mươi lăm năm trước. Lanza đã trích xuất thành công các tế bào có thể sử dụng được từ xác chết, xử lý và gửi chúng đến một trang trại ở Utah. Ở đó, tế bào thụ tinh được cấy vào một con bò cái. Mười tháng sau, anh nhận được tin rằng sáng tạo mới nhất của mình vừa ra đời. Lúc này, anh có thể đang nghiên cứu "kỹ thuật mô", nhằm tạo ra một cửa hàng cơ thể người mà chúng ta có thể đặt hàng các cơ quan mới, được phát triển từ tế bào của chính

chúng ta, thay thế các cơ quan bị bệnh hoặc đã hỏng. Lúc khác, anh có thể đang nghiên cứu nhân bản vô tính tế bào phôi người. Anh là thành viên của nhóm nghiên cứu lịch sử đã nhân bản vô tính phôi người đầu tiên trên thế giới với mục đích tạo ra các tế bào gốc phôi thai.

BA GIAI ĐOẠN CỦA Y HỌC

Lanza đang cưỡi trên một cơn sóng triều của các khám phá, được tạo ra bằng cách giải phóng kiến thức ẩn giấu trong ADN. Trong lịch sử, y học đã trải qua ít nhất ba giai đoạn chính. Trong giai đoạn đầu tiên, kéo dài hàng chục ngàn năm, y học bị chi phối bởi mê tín dị đoan, phù thủy và tin đồn. Do đa số trẻ sơ sinh đều tử vong nên tuổi thọ bình quân dao động trong khoảng 18 đến 20 tuổi. Một số thảo dược và hóa chất hữu ích được phát hiện trong giai đoạn này, như aspirin, nhưng phần lớn không có cách nào để tìm ra phương pháp điều trị mới. Thật không may, tất cả các phương thuốc hiệu quả đều được giữ kín. Các "thầy thuốc" kiếm tiền bằng cách làm hài lòng bệnh nhân giàu có và mong hưởng lợi từ việc giữ bí mật các bài thuốc ma thuật của mình.

Trong giai đoạn này, một trong những người sáng lập Mayo Clinic đã giữ một cuốn nhật ký riêng khi ông khám cho các bệnh nhân. Ông thẳng thắn viết trong nhật ký chỉ có hai thành phần hoạt tính trong túi màu đen của ông là thực sự có tác dụng: cưa sắt và morphine. Cưa sắt dùng để cắt đứt các chi bị bệnh và morphine dùng để làm giảm cơn đau khi cắt cụt. Hai thứ này luôn hiệu quả. Những thứ khác trong chiếc túi đen của ông là gian dối và giả dược, ông buồn bã cho hay.

Giai đoạn thứ hai của y học bắt đầu vào thế kỷ 19, với sự ra đời của lý thuyết mầm bệnh và vệ sinh tốt hơn. Tuổi thọ ở Mỹ vào năm 1900 đã tăng lên đến 49 tuổi. Khi hàng chục ngàn binh lính đang chết dần trên chiến trường châu Âu của Thế chiến I, các bác sĩ cần tiến hành thí nghiệm để đem lại kết quả ổn định, được công bố trên các tạp chí y khoa. Các vị vua châu Âu kinh hoàng nhận ra những thần dân tốt nhất và thông minh nhất của mình đang bị tàn sát, đòi có kết quả thực

sự, không phải trò quỷ thuật. Thay vì cố gắng làm hài lòng các ông chủ giàu có, bác sĩ giờ đây đã chiến đấu cho tính hợp pháp và nổi tiếng bằng cách xuất bản các bài báo trong các tạp chí bình duyệt. Điều này mở ra giai đoạn cho những tiến bộ trong thuốc kháng sinh và vắc-xin làm tăng tuổi thọ đến 70 tuổi và hơn thế nữa.

Giai đoạn thứ ba là y học phân tử. Chúng ta đang thấy sự hợp nhất của vật lý và y học, sử dụng nguyên tử, phân tử và gen. Sự biến đổi lịch sử này bắt đầu vào những năm 1940, khi nhà vật lý người Áo Erwin Schrödinger, một trong những người sáng lập lý thuyết lượng tử, đã viết một cuốn sách có ảnh hưởng với nhan đề *What is Life?* (Sự sống là gì?) Ông bác bỏ ý niệm tồn tại một số linh hồn bí ẩn, hay sinh lực, điều khiển sự sống. Thay vào đó, ông suy đoán rằng mọi sự sống đều dựa trên một mã số nào đó và điều này được mã hóa trên một phân tử. Bằng cách tìm ra phân tử đó, ông phỏng đoán người ta có thể làm sáng tỏ bí mật sự sống. Nhà vật lý Francis Crick, lấy cảm hứng từ cuốn sách của Schrödinger, đã hợp tác với nhà di truyền học James Watson để chứng minh ADN là phân tử truyền thuyết này. Năm 1953, với một trong những khám phá quan trọng nhất mọi thời đại, Watson và Crick đã mở khóa cấu trúc ADN, cho thấy nó là một chuỗi xoắn kép. Khi duỗi ra hoàn toàn, một dải ADN đơn dài khoảng 1,8 m. Trên đó chứa một chuỗi gồm ba tỷ axit nucleic, gồm A, T, C, G (adenine, thymine, cytosine và guanine), mang mã. Bằng cách đọc trình tự chính xác của các axit nucleic dọc theo phân tử ADN, chúng ta có thể giải mã được sự sống.

Những tiến bộ nhanh chóng trong di truyền học phân tử cuối cùng đã dẫn đến sự ra đời Dự án Hệ gen Người (The Human Genome Project), cột mốc quan trọng trong lịch sử y học. Đó là một chương trình tầm cỡ, nhằm sắp xếp tất cả các gen của cơ thể con người, có giá khoảng ba tỷ đô la với sự tham gia của hàng trăm nhà khoa học cộng tác trên khắp thế giới. Khi được hoàn thành vào năm 2003, nó đã báo trước một kỷ nguyên mới trong khoa học. Cuối cùng, mỗi người sẽ có

hệ gen riêng được lưu vào đĩa CD-ROM. Nó sẽ liệt kê tất cả khoảng 25.000 gen của bạn; là "cẩm nang sử dụng" của bạn.

Nhà khoa học đoạt giải Nobel David Baltimore đã tóm tắt: "Sinh học ngày nay là khoa học thông tin."

TƯƠNG LAI GẦN (TỪ HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

Y HỌC HỆ GEN

Chính lý thuyết lượng tử và cuộc cách mạng máy tính đã góp phần thúc đẩy sự bùng nổ đáng chú ý này trong y học. Lý thuyết lượng tử cho chúng ta những mô hình chi tiết đáng kinh ngạc về cách thức các nguyên tử được sắp xếp trong mỗi phân tử protein và ADN. Với từng nguyên tử, chúng ta biết cách xây dựng các phân tử của cuộc sống từ đầu. Và giải trình tự gen – vốn là một quá trình dài, tẻ nhạt và đắt tiền – hiện nay tất cả đều được tự động hóa với robot. Ban đầu, việc xác định trình tự tất cả gen trong một cơ thể người tốn đến vài triệu đô la. Nó đắt đỏ và mất thời gian đến mức chỉ một số ít người (bao gồm cả các nhà khoa học hoàn thiện công nghệ này) có được bộ gen được giải trình tự. Nhưng trong vòng vài năm nữa, công nghệ kỳ lạ này có thể tiếp cận với người bình thường.

(Tôi nhớ lại khá rõ khi là diễn giả chính tại một hội nghị vào cuối những năm 1990 ở Frankfurt, Đức, về tương lai của y học. Tôi đã dự đoán vào năm 2020, mọi người sẽ có bộ gen cá nhân được lưu vào đĩa CD hoặc chip được mô tả gen đầy đủ. Nhưng một người trong hội thảo tỏ ra khá phẫn nộ. Ông đứng dậy và nói rằng giấc mơ này là hoang đường. Chỉ đơn giản là có quá nhiều gen, và sẽ quá đắt để cung cấp hệ gen cá nhân cho người bình thường. Dự án Hệ gen Người có giá ba tỷ đôla; chi phí để giải trình tự gen của một người không thể giảm đáng kể. Thảo luận với ông sau này, vấn đề dần trở nên rõ ràng. Ông đang suy nghĩ tuyến tính. Nhưng định luật Moore đã làm giảm

chi phí, dẫn đến việc giải trình tự ADN bằng cách sử dụng robot, máy tính và máy móc tự động trở nên khả thi. Ông không hiểu được tác động sâu sắc của định luật Moore trong sinh học. Nhìn lại sự việc đó, giờ tôi nhận ra nếu có một sai lầm trong dự đoán, thì đó là đã đánh giá quá cao thời gian cần thiết để cung cấp hệ gen cá nhân.)

Ví dụ, kỹ sư Stanford Stephen R. Quake đã hoàn thiện phát triển mới nhất trong giải trình tự gen. Hiện tại ông đã giảm chi phí xuống còn 50.000 đô la và dự đoán giá giảm xuống còn 1.000 đô la trong vài năm tới. Các nhà khoa học từ lâu đã suy đoán khi giá giải trình tự gen người giảm xuống còn 1.000 đô la, điều này có thể mở ra cánh cửa cho giải trình tự gen hàng loạt, vì vậy một tỷ lệ lớn nhân loại có thể được hưởng lợi từ công nghệ này. Trong vòng một vài thập kỷ, giá của việc giải hết gen của bạn có thể dưới 100 đô la, không đắt hơn một xét nghiệm máu truyền thống.

(Chìa khóa của bước đột phá mới nhất này là đi đường tắt. Quake so sánh ADN của một người với các chuỗi ADN đã được thực hiện bởi những người khác. Ông chia nhỏ hệ gen của một người thành các đơn vị ADN chứa 32 bit thông tin. Sau đó ông sử dụng chương trình máy tính so sánh các đoạn 32 bit này với hệ gen hoàn chỉnh của người khác. Vì bất kỳ hai người nào có ADN gần như giống nhau, khác nhau trung bình dưới 0,1%, điều này có nghĩa một máy tính có thể nhanh chóng khớp các đoạn gen 32 bit với nhau.)

Quake trở thành người thứ tám trên thế giới có bộ gen được giải trình tự hoàn toàn. Ông cũng có mối quan tâm cá nhân đến dự án này, vì ông đã quét hệ gen cá nhân của mình để tìm bằng chứng về bệnh tim. Thật không may, hệ gen của ông chỉ ra ông được di truyền một phiên bản gen liên quan đến bệnh tim. Ông cho biết: "Bạn phải có thần kinh thép khi nhìn vào hệ gen của mình."

Tôi hiểu cảm giác kỳ lạ đó. Tôi đã có hệ gen được quét một phần và ghi trên đĩa CD-ROM cho một chương trình đặc biệt của BBC-TV/ Discovery. Bác sĩ lấy một ít máu từ cánh tay tôi; gửi nó đến phòng thí

nghiệm tại Đại học Vanderbilt; hai tuần sau đó, tôi nhận được một đĩa CD-ROM chứa hàng ngàn gen của mình. Cầm đĩa này trong tay, tôi thấy khá hài hước, biết rằng trong đó chứa bản thiết kế một phần cơ thể mình. Về nguyên tắc, đĩa này có thể được sử dụng để tạo ra một bản sao khá giống tôi.

Những bí mật của cơ thể chứa trong đĩa CD-ROM đã khơi dậy sự tò mò trong tôi. Ví dụ, tôi có thể thấy liệu mình có một gen đặc biệt làm tăng khả năng mắc bệnh Alzheimer hay không. Tôi đã lo lắng, vì mẹ tôi qua đời vì bệnh Alzheimer. (May thay, tôi không có gen đó.)

Ngoài ra, bốn gen của tôi trùng hợp với hệ gen của hàng ngàn người trên khắp thế giới, những người cũng đã phân tích gen. Sau đó, vị trí của những người có gen khớp hoàn hảo với bốn gen của tôi được đặt trên bản đồ Trái đất. Bằng cách phân tích các dấu chấm trên bản đồ Trái đất, tôi có thể thấy một đường dài, xuất phát gần Tây Tạng và kéo dài qua Trung Hoa và Nhật Bản. Thật tuyệt vời khi đường chấm này chỉ ra biểu đồ di cư cổ xưa của tổ tiên đằng ngoại tôi, hàng ngàn năm trước. Tổ tiên tôi không để lại ghi chép về cuộc di cư thời cổ đại, nhưng bản đồ bí mật về chuyến đi của họ đã được khắc vào máu và ADN của tôi. (Bạn cũng có thể tìm dấu vết tổ tiên bên nội. Các gen ty lạp thể truyền từ mẹ sang con không đổi, trong khi nhiễm sắc thể Y được truyền từ cha sang con. Do đó, bằng cách phân tích những gen này, người ta có thể tìm thấy dấu tích tổ tiên đằng nội hay đằng ngoại.)

Tôi tưởng tượng trong tương lai gần, nhiều người sẽ có cảm giác lạ lùng như tôi, giữ bản thiết kế cơ thể trong tay và đọc những bí mật riêng tư, bao gồm các bệnh nguy hiểm, ẩn nấp trong hệ gen và bản đồ di cư cổ xưa của tổ tiên mình.

Nhưng đối với các nhà khoa học, điều này đang mở ra một ngành khoa học hoàn toàn mới, có tên gọi là tin sinh học, hay sử dụng máy tính để nhanh chóng quét và phân tích hệ gen của hàng ngàn sinh vật. Ví dụ, bằng cách chèn hệ gen của hàng trăm cá nhân mắc một căn bệnh

nào đó vào máy tính, người ta có thể tính được vị trí chính xác của ADN bị hư hại. Trên thực tế, một số máy tính mạnh nhất thế giới có liên quan đến tin sinh học, phân tích hàng triệu gen thực vật và động vật để tìm ra các gen quan trọng.

Điều này thậm chí có thể cách mạng hóa các bộ phim thám tử truyền hình như *CSI (Crime Scene Investigation – Đội Điều tra Hiện trường)*. Với những mẩu ADN nhỏ xíu (được tìm thấy trong nang lông, nước bọt hoặc máu), người ta có thể xác định không chỉ màu tóc, màu mắt, dân tộc, chiều cao và bệnh sử của người đó, mà còn cả khuôn mặt. Ngày nay, cảnh sát cũng giống như nghệ sĩ, có thể tạo ra một tác phẩm điêu khắc khuôn mặt gần đúng của nạn nhân mà chỉ sử dụng hộp sọ. Trong tương lai, máy tính có thể tái tạo lại các đặc điểm trên khuôn mặt của một người từ gàu hoặc máu của người đó. (Việc các cặp song sinh cùng trứng có khuôn mặt giống nhau có nghĩa ta có thể xác định được phần lớn khuôn mặt của một người bằng di truyền, ngay cả khi tính cả các yếu tố môi trường.)

ĐI KHÁM BÁC SĨ

Như đã đề cập trong các chương trước, chuyện đi khám bác sĩ sẽ thay đổi hoàn toàn. Khi nói chuyện với bác sĩ trên màn hình tường, bạn có thể sẽ nói chuyện với một chương trình phần mềm. Phòng tắm của bạn sẽ có nhiều cảm biến hơn một bệnh viện hiện đại, âm thầm phát hiện tế bào ung thư nhiều năm trước khi một khối u hình thành. Ví dụ, khoảng 50% dạng ung thư thông thường liên quan đến một đột biến trong gen p53 có thể dễ dàng được phát hiện bằng cách sử dụng các cảm biến này.

Nếu có bằng chứng ung thư, các hạt nano sẽ được tiêm trực tiếp vào máu bạn, giống như bom thông minh, cung cấp thuốc chống ung thư trực tiếp cho các tế bào ung thư. Chúng ta sẽ xem hóa trị ngày nay như chúng ta xem đỉa ở thế kỷ trước. (Chúng ta sẽ thảo luận chi tiết về

công nghệ nano, chip ADN, hạt nano và nanobot[1] chi tiết hơn trong chương tiếp theo.)

Và nếu "bác sĩ" trong màn hình tường không thể chữa lành một cơ quan bị bệnh hay bị thương, bạn chỉ cần sản xuất ra một cơ quan khác. Chỉ riêng ở Mỹ, có 91.000 người đang chờ ghép tạng. 18 người chết mỗi ngày vì phải chờ đợi tạng thay thế mà không bao giờ có.



Trong tương lai, chúng ta sẽ có tricorder – giống như trong phim *Du hành giữa các vì sao* – chẩn đoán được hầu như mọi bệnh; máy dò cộng hưởng từ xách tay và chip ADN sẽ biến điều này thành hiện thực.

Nếu phát hiện điều bất ổn, chẳng hạn như một cơ quan bị bệnh, bác sĩ ảo của bạn có thể đặt hàng một cơ quan mới được tạo ra trực tiếp từ các tế bào của riêng bạn. "Kỹ thuật mô" là một trong những lĩnh vực nóng nhất trong y học, biến "cửa hàng cơ thể người" thành hiện thực. Đến nay, các nhà khoa học đã tạo ra được da, máu, mạch máu, van tim, sụn, xương, mũi và tai trong phòng thí nghiệm từ các tế

1. Nanobot, là một loại robot siêu nhỏ, kích cỡ chỉ vài nanomet, có khả năng xâm nhập và điều khiển các bộ phận ở mức độ phân tử. (ND)

bào của riêng bạn. Bàng quang là cơ quan chính đầu tiên được tạo ra vào năm 2007, sau đó là khí quản vào năm 2009. Cho đến nay, các cơ quan được tạo ra tương đối đơn giản chỉ liên quan đến một vài loại mô và cấu trúc. Trong vòng năm năm, gan và tuyến tụy có thể được sản xuất, với ý nghĩa to lớn cho sức khỏe cộng đồng. Nhà khoa học đoạt giải Nobel Walter Gilbert nói với tôi rằng ông dự đoán chỉ vài thập kỷ tới, mọi cơ quan của cơ thể sẽ được tạo ra từ các tế bào của chính bạn.

Kỹ thuật mô tạo ra các cơ quan mới bằng cách đầu tiên chiết xuất một vài tế bào từ cơ thể bạn. Những tế bào này sau đó được tiêm vào một khuôn nhựa trông giống như một miếng bọt biển có hình dạng tương tự cơ quan cần thay thế. Khuôn nhựa được làm bằng axit polyglycolic có khả năng phân hủy sinh học. Các tế bào được xử lý với một số yếu tố tăng trưởng để kích thích sự phát triển của tế bào, khiến chúng phát triển trong khuôn. Cuối cùng, khuôn phân hủy, để lại một cơ quan hoàn hảo.

Tôi từng được đến thăm phòng thí nghiệm của Anthony Atala tại Đại học Wake Forest ở Bắc Carolina và trực tiếp chứng kiến công nghệ kỳ diệu này. Khi đi qua phòng thí nghiệm, tôi thấy nhiều chai chứa các cơ quan sống của người. Tôi có thể thấy mạch máu và bàng quang; tôi thấy van tim liên tục mở và đóng vì các chất lỏng được bơm qua chúng. Nhìn thấy tất cả các cơ quan sống của người trong chai, tôi thấy như mình đang đi qua phòng thí nghiệm của Tiến sĩ Frankenstein, nhưng có một số khác biệt quan trọng. Vào thế kỷ thứ 19, bác sĩ chưa biết về cơ chế từ chối của cơ thể, khiến việc ghép tạng không thể xảy ra. Thêm vào đó, các bác sĩ không biết cách ngăn chặn nhiễm trùng mà chắc chắn sẽ làm nhiễm bẩn bất kỳ cơ quan nào sau phẫu thuật. Vì vậy, thay vì tạo ra một con quái vật, Atala đang mở ra một công nghệ y tế cứu sinh hoàn toàn mới mà một ngày nào đó có thể thay đổi bộ mặt của y học.

Một mục tiêu tương lai cho phòng thí nghiệm của ông là phát triển gan người, có lẽ trong vòng năm năm tới. Gan không phức tạp và

chỉ bao gồm một vài loại mô. Gan phát triển trong phòng thí nghiệm có thể tiết kiệm hàng ngàn sinh mạng, đặc biệt là những người đang cần cấy ghép gan. Nó cũng có thể cứu sống những người bị xơ gan do nghiện rượu. (Thật không may, nó cũng có thể khuyến khích mọi người giữ thói quen xấu, vì biết có thể nhận được các cơ quan thay thế cho những cơ quan hư hỏng.)

Nếu đã có thể tạo ra các cơ quan như khí quản và bàng quang, thì điều gì ngăn chặn các nhà khoa học phát triển tất cả các cơ quan của cơ thể? Vấn đề cơ bản là làm thế nào để phát triển các mao mạch nhỏ cung cấp máu cho các tế bào. Mỗi tế bào trong cơ thể phải tiếp xúc với nguồn cung cấp máu. Ngoài ra, phát triển cấu trúc phức tạp không hề đơn giản. Thận, làm sạch độc tố trong máu, bao gồm hàng triệu đơn vị lọc nhỏ, do đó rất khó tạo ra khuôn mẫu cho các bộ lọc này.

Nhưng cơ quan khó phát triển nhất là bộ não người. Mặc dù việc tái tạo hay phát triển bộ não người dường như khó xảy ra trong nhiều thập kỷ tới, nhưng thay vào đó, có thể tiêm trực tiếp các tế bào trẻ vào não, kết hợp chúng vào mạng thần kinh của não. Tuy nhiên, việc tiêm các tế bào não mới này là ngẫu nhiên, vì vậy bệnh nhân sẽ phải học lại nhiều chức năng cơ bản. Nhưng do bộ não có tính "linh hoạt" – nghĩa là liên tục tự sửa lại mỗi khi học được một nhiệm vụ mới – nên nó có thể tích hợp các tế bào thần kinh mới này để chúng hoạt động chính xác.

TẾ BÀO GỐC

Một bước xa hơn nữa là áp dụng công nghệ tế bào gốc. Cho đến nay, các cơ quan người được sản xuất bằng cách sử dụng các tế bào không phải là tế bào gốc mà là các tế bào được xử lý đặc biệt để tăng sinh nhanh chóng bên trong các khuôn. Trong tương lai gần, có thể sử dụng trực tiếp tế bào gốc.

Tế bào gốc là "mẹ của mọi tế bào" và có khả năng thay đổi thành bất kỳ loại tế bào nào trong cơ thể. Mỗi tế bào trong cơ thể chúng ta có mã di truyền hoàn chỉnh cần thiết để tạo ra toàn bộ cơ thể. Nhưng

khi các tế bào trưởng thành, chúng chuyên môn hóa, vì vậy nhiều gen bị bất hoạt. Ví dụ, mặc dù một tế bào da có thể chứa gen để chuyển thành máu, nhưng những gen này bị tắt khi một tế bào phôi trở thành tế bào da trưởng thành.

Nhưng tế bào gốc phôi thai vẫn duy trì khả năng này để tái tạo bất kỳ loại tế bào nào. Mặc dù được các nhà khoa học đánh giá cao nhưng tế bào gốc phôi thai cũng gây nhiều tranh cãi, vì phôi thai phải được hy sinh để trích xuất các tế bào này, nảy sinh các vấn đề đạo đức. (Tuy nhiên, Lanza và các cộng sự đã đi tiên phong trong cách lấy tế bào gốc trưởng thành đã biến thành tế bào chuyên biệt, rồi biến chúng lại thành tế bào gốc phôi thai.)

Tế bào gốc có tiềm năng chữa trị một loạt các bệnh như tiểu đường, bệnh tim, bệnh Alzheimer, Parkinson, thậm chí ung thư. Trên thực tế, rất khó để tìm ra một căn bệnh trong đó các tế bào gốc không có tác động lớn. Một lĩnh vực nghiên cứu cụ thể là tổn thương tủy sống, đã từng được cho là hoàn toàn không chữa được. Năm 1995, khi nam diễn viên điển trai Christopher Reeve bị chấn thương tủy sống nặng đến mức liệt hoàn toàn, không có cách chữa trị. Tuy nhiên, trong các nghiên cứu trên động vật, đã có những bước tiến lớn trong việc sửa chữa tủy sống bằng tế bào gốc.

Ví dụ, Stephen Davies của Đại học Colorado đã thành công ấn tượng trong điều trị chấn thương tủy sống ở chuột. Ông nói: “Chúng tôi đã tiến hành một số thí nghiệm, chúng tôi cấy trực tiếp các tế bào thần kinh trưởng thành vào hệ thần kinh trung ương trưởng thành. Đây là thí nghiệm Frankenstein thực sự. Chúng tôi hết sức ngỡ ngàng khi thấy các tế bào thần kinh trưởng thành có thể gửi các sợi dây thần kinh mới từ một bên của não sang bên kia chỉ trong một tuần.” Trong điều trị chấn thương tủy sống, người ta cho rằng bất kỳ nỗ lực nào để phục hồi dây thần kinh cũng tạo ra đau đớn. Davies phát hiện ra rằng một loại tế bào thần kinh chủ chốt, được gọi là tế bào hình sao (astrocyte), có hai loại và cho ra các kết quả khác nhau.

Davies chia sẻ: "Bằng cách sử dụng đúng loại tế bào hình sao để phục hồi chấn thương tủy sống, chúng ta thành công mà không hề gây đau đớn, trong khi những loại khác thì ngược lại – đau và không thành công." Hơn nữa, ông tin rằng các kỹ thuật tương tự mà ông đang tiên phong với tế bào gốc cũng sẽ thành công trên các bệnh nhân đột quỵ và Alzheimer hay Parkinson.

Vì hầu như mọi tế bào của cơ thể đều được tạo ra bằng cách thay đổi tế bào gốc phôi thai nên khả năng này là vô tận. Tuy nhiên, Doris Taylor, giám đốc Trung tâm Sửa chữa Tim mạch tại Đại học Minnesota, cảnh báo vẫn còn rất nhiều việc phải làm. Bà cho biết: "Tế bào gốc phôi thai đại diện cho tốt, xấu và tệ hại. Khi tốt, chúng có thể được nuôi trồng với số lượng lớn trong phòng thí nghiệm và được sử dụng để làm tạo ra các mô, cơ quan hoặc bộ phận cơ thể. Khi xấu, chúng không biết khi nào nên ngừng phát triển và làm phát sinh các khối u. Còn loại tệ hại – ừm, chúng tôi không hiểu tất cả các tín hiệu, vì vậy chúng tôi không thể kiểm soát kết quả, và chưa sẵn sàng sử dụng chúng mà không cần nghiên cứu thêm trong phòng thí nghiệm."

Đây là một trong những vấn đề chính mà nghiên cứu về tế bào gốc đang phải đối mặt: thực tế là những tế bào gốc này, không có dấu hiệu hóa học từ môi trường, có thể tiếp tục tăng sinh nhanh chóng cho đến khi trở thành ung thư. Các nhà khoa học hiện nay nhận ra các thông điệp hóa học tinh tế di chuyển giữa các tế bào, cũng quan trọng như chính tế bào cho biết khi nào và ở đâu để phát triển và ngừng phát triển.

Tuy vậy, các tiến bộ tuy chậm nhưng đang thực sự diễn ra, đặc biệt trong các nghiên cứu trên động vật. Taylor đã chiếm trọn trang nhất các mặt báo trong năm 2008 khi nhóm của bà, lần đầu tiên trong lịch sử, phát triển một trái tim chuột đang đập gần như từ đầu. Họ bắt đầu bằng một trái tim chuột và hòa tan các tế bào trong trái tim đó, chỉ để lại khung, là một ma trận protein hình trái tim. Sau đó, họ trồng một hỗn hợp các tế bào gốc tim vào ma trận đó, và theo dõi khi các tế

bào gốc bắt đầu tăng sinh nhanh chóng bên trong khung. Trước đây, các nhà khoa học đã có thể phát triển các tế bào tim riêng lẻ trên đĩa petri. Nhưng đây là lần đầu tiên một trái tim đang đập thực sự được phát triển trong phòng thí nghiệm.

Phát triển tim cũng là một sự kiện cá nhân thú vị dành cho bà. Bà nói: "Thật tuyệt vời. Bạn có thể thấy toàn bộ cây mạch máu, từ động mạch đến các tĩnh mạch nhỏ cung cấp máu cho từng tế bào tim."

Ngoài ra còn có một bộ phận của chính phủ Mỹ rất quan tâm đến những đột phá trong lĩnh vực kỹ thuật mô: quân đội. Trong các cuộc chiến trước đây, tỷ lệ tử vong trên chiến trường thật kinh khủng, toàn bộ các trung đoàn và tiểu đoàn bị tiêu hao và nhiều người chết do các vết thương. Hiện nay các đội sơ tán y tế nhanh chóng phản ứng đưa binh sĩ bị thương từ Iraq và Afghanistan đến châu Âu hoặc Mỹ, nơi họ nhận được chăm sóc y tế hàng đầu. Tỷ lệ sống sót của binh lính Mỹ tăng vọt. Và như vậy nhiều binh sĩ sẽ sống sót nhưng bị mất tay và tay chân. Kết quả là, Mỹ phải ưu tiên tìm cách tái tạo chân tay.

Viện Y học Tái sinh Vũ trang đã có bước đột phá trong việc sử dụng một phương pháp mới để phát triển các cơ quan nội tạng. Các nhà khoa học từ lâu biết rằng kỳ nhông có khả năng tái sinh mạnh, mọc lại toàn bộ chi sau khi bị mất. Những chi này mọc lại vì các tế bào gốc kỳ nhông được kích thích để tạo ra chi mới. Một lý thuyết mang lại trái ngọt đang được khám phá do Stephen Badylak thuộc Đại học Pittsburgh, người đã thành công trong việc tái sinh ngón tay. Nhóm của ông đã tạo ra một "bụi pixie" với sức mạnh kỳ diệu của mô tái sinh. Bụi này được tạo ra không phải từ các tế bào mà từ ma trận ngoại bào tồn tại giữa các tế bào. Ma trận này rất quan trọng vì nó chứa các tín hiệu báo cho các tế bào gốc phát triển theo một cách cụ thể. Khi bụi pixie được bôi lên một đầu ngón tay bị cắt bỏ, nó sẽ kích thích không chỉ là đầu ngón tay mà cả móng tay, để lại một bản sao gần như hoàn hảo của ngón tay ban đầu. Gần một xentimét mô và móng tay đã được trồng theo cách này. Mục tiêu tiếp theo là mở rộng quy trình này để

xem liệu toàn bộ chi của con người có thể được tái tạo lại hay không, giống như kỳ nhông.

NHÂN BẢN VÔ TÍNH

Nếu có thể tạo ra các cơ quan khác nhau của cơ thể con người, thì liệu chúng ta có thể tái sinh toàn bộ con người, tạo ra một bản sao di truyền chính xác, một nhân bản vô tính hay không? Về nguyên tắc, câu trả lời là có, nhưng việc này chưa được thực hiện, mặc dù có nhiều báo cáo ngược lại.

Nhân bản vô tính là chủ đề yêu thích trong các bộ phim Hollywood, nhưng chúng thường ẩn chứa tính khoa học. Trong bộ phim *The 6th Day* (Ngày thứ 6), nhân vật của Arnold Schwarzenegger chiến đấu với những kẻ xấu đã nắm vững nghệ thuật nhân bản vô tính nhân loại. Quan trọng hơn, họ đã nắm vững nghệ thuật sao chép toàn bộ bộ nhớ của con người và chèn nó vào bản sao. Khi Schwarzenegger loại bỏ một kẻ xấu thành công, lại có kẻ khác xuất hiện với cùng cá tính và trí nhớ. Mọi thứ trở nên lộn xộn khi anh phát hiện ra một bản sao được tạo ra từ chính mình. (Trong thực tế, có thể nhân bản một con vật, nhưng ký ức thì không thể.)

Khái niệm nhân bản vô tính tràn khắp các mặt báo trên thế giới vào năm 1997, khi Ian Wilmut của Viện Roslin tại Đại học Edinburgh nhân bản vô tính cừu Dolly thành công. Bằng cách lấy một tế bào từ một con cừu trưởng thành, chiết xuất ADN trong nhân, rồi chèn nhân vào một tế bào trứng, Wilmut đã tạo ra kỳ tích một bản sao di truyền của bản gốc. Tôi từng hỏi ông liệu ông có biết khám phá lịch sử đó đã tạo ra một cơn bão truyền thông hay không. Ông nói không. Ông hiểu rõ tầm quan trọng y tế của công việc mình đang làm nhưng đánh giá thấp mối quan tâm của công chúng với khám phá của mình.

Không lâu sau đó, các nhóm trên khắp thế giới bắt đầu lặp lại kỳ tích này, nhân bản vô tính vô số loài động vật, bao gồm chuột, dê, mèo, lợn, chó, ngựa và gia súc. Tôi đã từng đi theo một đoàn quay phim của

BBC đến thăm Ron Marquess ngay bên ngoài Dallas, Texas, chủ trang trại gia súc nhân bản vô tính thuộc hàng lớn nhất nước. Tại trang trại, tôi kinh ngạc khi thấy gia súc nhân bản vô tính thế hệ thứ nhất, thứ hai và thậm chí thứ ba – nhân bản vô tính của nhân bản vô tính của nhân bản vô tính. Marquess nói với tôi rằng sẽ phải phát minh ra một từ vựng mới để theo dõi các thế hệ gia súc nhân bản vô tính khác nhau.

Một nhóm gia súc đập vào mắt tôi. Có khoảng tám cặp song sinh giống hệt nhau, xếp thẳng hàng. Chúng đi, chạy, ăn và ngủ chính xác theo hàng. Mặc dù lũ bê không có khái niệm chúng là những bản sao của nhau, nhưng theo bản năng, chúng nhóm lại và bắt chước các chuyển động của nhau.

Marquess nói gia súc nhân bản vô tính có khả năng là một lĩnh vực kinh doanh béo bở. Nếu bạn có một con bò với thể trạng cao cấp, nó có thể có giá cao nếu được sử dụng cho chăn nuôi. Nhưng nếu con bò chết, dòng di truyền của nó sẽ bị mất đi trừ khi tinh trùng của nó đã được thu thập và trữ đông. Với nhân bản vô tính, người ta có thể giữ dòng di truyền của những con bò đắt giá sống mãi mãi.

Mặc dù nhân bản vô tính có các ứng dụng thương mại cho động vật và chăn nuôi, nhưng ứng dụng cho con người ít rõ ràng hơn. Mặc dù đã có một số tuyên bố giật gân rằng nhân bản vô tính người đã thành công, tất cả đều không có thật. Cho đến nay, chưa có ai nhân bản vô tính thành công một linh trưởng, huống hồ là con người. Ngay cả nhân bản vô tính động vật cũng đã được chứng minh là khó khăn, vì để tạo ra một con vật phải loại bỏ hàng loạt phôi hỏng.

Và ngay cả khi nhân bản vô tính người trở thành có thể, sẽ có những trở ngại xã hội. Trước hết, nhiều tôn giáo sẽ phản đối nhân bản vô tính, tương tự như cách Giáo hội Kitô giáo chống lại thụ tinh trong ống nghiệm vào năm 1978, khi Louise Brown trở thành em bé đầu tiên trong lịch sử được thụ tinh trong ống nghiệm. Điều này có nghĩa là các luật sẽ được thông qua liên quan đến cấm sử dụng công nghệ này, hoặc ít nhất là điều chỉnh chặt chẽ. Thứ hai, nhu cầu thương mại cho nhân

bản vô tính rất nhỏ. Nhiều nhất, có lẽ chỉ một phần nhỏ của nhân loại sẽ là bản sao, ngay cả khi hợp pháp. Rốt cuộc, chúng ta đã có nhân bản vô tính, trong hình thức song sinh giống hệt nhau (và sinh ba), do đó, tính mới trong nhân bản vô tính người sẽ dần dần mất đi.

Ban đầu, nhu cầu thụ tinh ống nghiệm là rất lớn, do số lượng các cặp vợ chồng vô sinh cao. Nhưng ai sẽ nhân bản vô tính người? Có lẽ là những bậc cha mẹ đau buồn trước cái chết của một đứa trẻ. Hoặc, nhiều khả năng hơn, một ông già giàu có hấp hối trên giường bệnh mà không có người thừa kế – hay không có người thừa kế nào ông đặc biệt quan tâm – và muốn dồn hết tiền cho chính mình dưới hình hài một đứa trẻ, để bắt đầu lại từ đầu.

Vì vậy, trong tương lai, mặc dù các điều luật có thể được thông qua để ngăn chặn nhân bản vô tính, nhân bản vô tính người có thể sẽ vẫn tồn tại. Tuy nhiên, chúng sẽ chỉ đại diện cho một phần nhỏ của nhân loại và hậu quả xã hội sẽ khá nhỏ.

LIỆU PHÁP GEN

Francis Collins, giám đốc Viện Y tế Quốc gia và là người đã lãnh đạo Dự án Hệ gen Người lịch sử của chính phủ, nói với tôi: "… mỗi người đều có khoảng nửa tá gen lỗi." Trong quá khứ cổ đại, chúng ta phải chịu những khiếm khuyết di truyền gây chết người thường xuyên này. Ông nói, trong tương lai chúng ta sẽ điều trị nhiều gen trong số đó nhờ liệu pháp gen.

Các bệnh di truyền đã ám ảnh nhân loại kể từ bình minh lịch sử và tại những thời điểm quan trọng có thể thực sự ảnh hưởng đến tiến trình lịch sử. Ví dụ, do hôn nhân cận huyết giữa các gia đình hoàng gia của châu Âu, các bệnh di truyền đã cản trở các thế hệ quý tộc. Ví dụ, vua George III của Anh, rất có thể bị rối loạn chuyển hóa cấp tính liên tục, gây ra những cơn điên tạm thời. Một số sử gia cho rằng điều này làm trầm trọng thêm mối quan hệ với các thuộc địa, khiến họ tuyên bố độc lập khỏi Anh năm 1776.

Nữ hoàng Victoria là một người mang gen hemophilia, gây chảy máu không kiểm soát. Vì bà có chín người con, nhiều người đã kết hôn với những nhân vật hoàng gia khác ở châu Âu, điều này đã lan truyền "bệnh hoàng gia" trên khắp lục địa. Ở Nga, chắt trai của nữ hoàng Victoria, con trai của vua Nicholas II, bị chứng máu khó đông, dường như được Rasputin huyền bí kiểm soát tạm thời. "Tu sĩ điên" này đã làm tê liệt giới quý tộc Nga, trì hoãn những cải cách cần thiết và như một số sử gia đã suy đoán, giúp mang lại cuộc Cách mạng Nga năm 1917.

Nhưng trong tương lai, liệu pháp gen có thể chữa trị được 5.000 bệnh di truyền phổ biến, chẳng hạn như xơ nang (ảnh hưởng đến người Bắc Âu), bệnh Tay-Sachs (ảnh hưởng đến người Do Thái Đông Âu) và bệnh thiếu máu hồng cầu lưỡi liềm (ảnh hưởng đến người Mỹ gốc Phi). Trong tương lai gần, có thể chữa được nhiều bệnh di truyền do đột biến của một gen duy nhất gây ra.

Liệu pháp gen có hai loại: tế bào soma và tế bào mầm.

Liệu pháp gen soma liên quan đến việc sửa chữa các gen bị hỏng của một cá thể. Giá trị trị liệu biến mất khi cá thể chết. Gây tranh cãi nhiều hơn là liệu pháp gen tế bào mầm, một phương pháp sửa chữa gen của các tế bào sinh dục, để gen được sửa chữa có thể truyền lại cho thế hệ tiếp theo, gần như mãi mãi.

Điều trị bệnh di truyền là một con đường dài đã được phát triển từ lâu. Đầu tiên, người ta phải tìm ra nạn nhân của một căn bệnh di truyền nào đó và theo dõi cẩn thận cây phả hệ, quay lại nhiều thế hệ. Rồi thông qua phân tích gen của những cá thể này để cố gắng xác định vị trí chính xác của gen bị tổn hại.

Sau đó, người ta lấy một phiên bản khỏe mạnh của gen đó, chèn nó vào một "vector" (thường là một loại virus vô hại), rồi tiêm vào bệnh nhân. Virus này nhanh chóng chèn "gen tốt" vào các tế bào của bệnh nhân để chữa bệnh. Đến năm 2001, đã có hơn 500 thử nghiệm liệu pháp gen diễn ra hoặc đang được xem xét trên toàn thế giới.

Tuy nhiên, tiến độ chậm và kết quả lẫn lộn. Cơ thể thường nhầm virus vô hại có chứa "gen tốt" là virus nguy hiểm và tấn công nó. Điều này gây ra tác dụng phụ và làm vô hiệu tác dụng của gen tốt. Thêm nữa, không có đủ virus đưa chính xác gen tốt vào các tế bào đích, do đó cơ thể không thể tạo ra đủ lượng protein thích hợp.

Mặc dù có những biến chứng này, vào năm 2000, các nhà khoa học ở Pháp vẫn công bố có thể chữa trị cho trẻ em bị suy giảm miễn dịch nặng kết hợp nghiêm trọng (SCID), những bé sinh ra đã không có hệ miễn dịch. Một số bệnh nhân SCID, như "cậu bé bong bóng David", phải sống bên trong bong bóng nhựa vô trùng suốt cuộc đời còn lại. Nếu không có hệ miễn dịch, bất kỳ bệnh nào cũng có thể gây tử vong. Phân tích di truyền của những bệnh nhân này cho thấy các tế bào miễn dịch thực sự đã kết hợp gen mới, theo đúng kế hoạch, do đó kích hoạt hệ miễn dịch của họ.

Nhưng đã có những thất bại. Năm 1999, tại Đại học Pennsylvania, một bệnh nhân đã tử vong trong một thử nghiệm liệu pháp gen, gây ra sự tự vấn lương tâm trong cộng đồng y tế. Đây là ca tử vong đầu tiên trong số 1.100 bệnh nhân trải qua loại liệu pháp gen này. Và đến năm 2007, bốn trong mười bệnh nhân được chữa khỏi một dạng SCID cụ thể đã phát triển một tác dụng phụ nghiêm trọng, bệnh bạch cầu. Nghiên cứu về liệu pháp gen cho SCID hiện đang tập trung chữa bệnh mà không vô tình kích hoạt gen gây ung thư. Cho đến nay, 17 bệnh nhân SCID thuộc nhiều dạng khác nhau đã khỏi bệnh và không có dấu hiệu bị ung thư, đây là một số ít thành công trong lĩnh vực này.

Một mục tiêu của liệu pháp gen thực sự là điều trị ung thư. Gần 50% các ca ung thư phổ biến có liên quan đến một gen bị hư hỏng, p53. Gen p53 dài và phức tạp nên dễ bị tổn thương hơn bởi các yếu tố môi trường và hóa học. Vì vậy, nhiều thí nghiệm liệu pháp gen đang được tiến hành để chèn một gen p53 khỏe mạnh vào bệnh nhân. Ví dụ, khói thuốc lá thường gây đột biến đặc trưng ở ba vị trí đã được biết đến từ lâu trong gen p53. Vì vậy, liệu pháp gen, bằng cách thay thế gen

p53 bị tổn thương, một ngày nào đó có thể chữa khỏi một số dạng ung thư phổi nhất định.

Tiến độ tuy chậm nhưng ổn định. Năm 2006, các nhà khoa học tại Viện Y tế Quốc gia ở Maryland đã điều trị thành công u ác tính di căn, một dạng ung thư da, bằng cách thay đổi các tế bào T sát thủ để chúng nhắm vào các tế bào ung thư. Đây là nghiên cứu đầu tiên cho thấy liệu pháp gen có thể chữa một số dạng ung thư. Và trong năm 2007, các bác sĩ tại trường Đại học và Bệnh viện Mắt Moorfields ở London đã dùng liệu pháp gen để điều trị một dạng bệnh võng mạc di truyền nhất định (do đột biến ở gen RPE65).

Trong khi đó, một số cặp vợ chồng không chờ đợi liệu pháp gen, họ lựa chọn thao tác trực tiếp trên gen di truyền. Một cặp vợ chồng có thể tạo ra một số phôi qua thụ tinh trong ống nghiệm. Mỗi phôi có thể được xét nghiệm cho một bệnh di truyền cụ thể và cặp vợ chồng có thể chọn phôi không có bệnh di truyền để cấy ghép vào người mẹ. Bằng cách này, bệnh di truyền có thể dần được loại bỏ mà không cần qua kỹ thuật trị liệu gen đắt tiền. Quá trình này hiện đang được thực hiện với một số người Do Thái Chính thống ở Brooklyn, thuộc nhóm có nguy cơ cao mắc bệnh Tay-Sachs.

Tuy nhiên, có thể vẫn còn một căn bệnh nan y trong suốt thế kỷ này – ung thư.

SỐNG CHUNG VỚI UNG THƯ

Trở lại năm 1971, Tổng thống Richard Nixon đã rầm rộ tuyên bố về cuộc chiến với bệnh ung thư. Bằng cách đổ tiền vào nghiên cứu, ông tin rằng sẽ mau chóng có phương pháp điều trị ung thư. Nhưng bốn mươi năm sau (và 200 tỷ đô la), ung thư là nguyên nhân tử vong thứ hai ở Mỹ, chiếm 25% tỷ lệ tử vong. Tỷ lệ tử vong do ung thư đã giảm 5% từ năm 1950 đến năm 2005 (điều chỉnh theo tuổi và các yếu tố khác). Người ta ước tính ung thư sẽ cướp đi sinh mạng của 562.000 người Mỹ trong năm nay (năm 2011) hay hơn 1.000 người mỗi ngày.

Tỷ lệ ung thư đã giảm đối với một số loại bệnh nhưng không đổi ở một số bệnh khác. Và điều trị ung thư, thông qua dùng chất độc, cắt và loại bỏ mô người, để lại đau đớn cho bệnh nhân, những người thường tự hỏi liệu bệnh ung thư hay quá trình điều trị tồi tệ hơn.

Ngẫm lại, chúng ta có thể thấy điều gì đã xảy ra. Trở lại năm 1971, trước cuộc cách mạng kỹ thuật di truyền, nguyên nhân gây ung thư hoàn toàn bí ẩn.

Hiện nay các nhà khoa học nhận ra ung thư cơ bản là một căn bệnh liên quan đến gen. Cho dù gây ra bởi virus, phơi nhiễm hóa chất, phóng xạ hay may rủi, ung thư đều liên quan đến các đột biến trong ít nhất bốn gen, trong đó tế bào bình thường "quên cách chết". Tế bào mất kiểm soát trong việc sinh sôi và tái tạo không giới hạn, cuối cùng giết chết bệnh nhân. Việc phải mất một chuỗi bốn hoặc nhiều gen khiếm khuyết để gây ra ung thư có thể giải thích tại sao ung thư thường phát triển nhiều thập kỷ sau sự cố ban đầu. Ví dụ, bạn có thể bị bỏng nắng nặng khi còn bé. Vài chục năm sau, bạn có thể bị ung thư da ở ngay chỗ bỏng đó. Điều này có nghĩa có thể mất nhiều thời gian để các đột biến khác xảy ra và cuối cùng đưa tế bào vào chế độ ung thư.

Có ít nhất hai loại gen ung thư chính, gen sinh ung và gen đè nén bướu, có chức năng giống như chân ga và phanh của một chiếc xe hơi. Các gen sinh ung hoạt động giống như chân ga bị mắc kẹt ở vị trí xuống, do đó, chiếc xe chạy ngoài tầm kiểm soát, cho phép tế bào sinh sôi không giới hạn. Gen đè nén bướu thường hoạt động như một phanh, vì vậy khi nó bị hư hỏng, tế bào giống như một chiếc xe không thể dừng lại.

Dự án Hệ Gen Ung Thư có kế hoạch giải trình tự gen của hầu hết các bệnh ung thư. Vì mỗi loại ung thư đòi hỏi phải giải trình tự hệ gen người, Dự án Hệ Gen Ung Thư có tham vọng hơn hàng trăm lần so với Dự án Hệ Gen Người ban đầu.

Một số kết quả đầu tiên của Dự án Hệ Gen Ung Thư được chờ đợi từ lâu này đã được công bố năm 2009 liên quan đến ung thư da và

ung thư phổi. Kết quả thật đáng ngạc nhiên. Mike Stratton thuộc Viện Wellcome Trust Sanger nói: "Những gì chúng ta đang thấy ngày nay sẽ thay đổi cách chúng ta nghĩ về ung thư. Chúng ta chưa bao giờ thấy ung thư được công bố ở dạng này trước đây."

Các tế bào ung thư phổi có 23.000 đột biến đáng kinh ngạc, trong khi tế bào ung thư hắc tố có 33.000 đột biến. Điều này có nghĩa một người hút thuốc điển hình phát triển một đột biến trên mỗi 15 điếu thuốc. (Ung thư phổi giết chết một triệu người mỗi năm trên khắp thế giới, chủ yếu do hút thuốc lá.)

Đích đến là phân tích di truyền tất cả các loại ung thư, bao gồm hơn 100 loại. Có rất nhiều mô trong cơ thể, tất cả đều có thể trở thành ung thư; mỗi mô có thể có nhiều loại ung thư; và hàng chục ngàn đột biến trong từng loại ung thư. Do mỗi loại ung thư chứa đến hàng chục ngàn đột biến, sẽ phải mất nhiều thập kỷ để phân tách chính xác đột biến nào làm ảnh hưởng đến cơ chế tế bào. Các nhà khoa học sẽ phát triển phương pháp chữa trị cho một loạt bệnh ung thư nhưng không có phương pháp nào chữa trị cho tất cả, vì bản thân ung thư cũng giống như một bộ sưu tập các loại bệnh.

Các liệu pháp và phương pháp điều trị mới cũng sẽ liên tục xâm nhập vào thị trường, tất cả được thiết kế để tấn công ung thư ở các gốc phân tử và gen. Một số phương pháp hứa hẹn bao gồm:

- chống quá trình tạo mạch máu, hoặc chặn nguồn cung cấp máu của một khối u để nó không bao giờ phát triển
- các hạt nano, giống như "quả bom thông minh" hướng vào các tế bào ung thư
- liệu pháp gen, đặc biệt cho gen p53
- các loại thuốc mới chỉ nhắm vào các tế bào ung thư
- vắcxin mới chống lại các loại vi rút có thể gây ung thư, giống như virus u nhú ở người (HPV), có thể gây ung thư cổ tử cung

Thật không may, không chắc chúng ta sẽ tìm thấy một viên đạn ma thuật chống lại bệnh ung thư. Thay vào đó, chúng ta sẽ chữa trị ung thư từng bước một. Nhiều khả năng, tỷ lệ tử vong sẽ giảm khi chúng ta có các chip ADN nằm rải rác khắp môi trường, liên tục theo dõi các tế bào ung thư nhiều năm trước khi một khối u hình thành.

Như nhà khoa học đoạt giải Nobel, David Baltimore từng nói: "Ung thư là một đội quân của các tế bào chiến đấu với các liệu pháp của con người theo những cách mà tôi chắc chắn sẽ luôn cầm chân chúng ta trong trận chiến."

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

LIỆU PHÁP GEN

Mặc dù thất bại trong liệu pháp gen, các nhà nghiên cứu tin rằng các bước tiến ổn định sẽ được thực hiện trong những thập kỷ tới. Nhiều người tin rằng cho đến tương lai trung hạn, liệu pháp gen sẽ là một phương pháp tiêu chuẩn để điều trị một loạt bệnh di truyền. Phần lớn thành công mà các nhà khoa học đã đạt được trong các nghiên cứu trên động vật cuối cùng sẽ được chuyển thành các nghiên cứu trên người.

Cho đến nay, liệu pháp gen đã nhắm vào các bệnh do đột biến ở một gen duy nhất. Đó sẽ là những bệnh đầu tiên được chữa trị. Nhưng nhiều bệnh do đột biến ở nhiều gen, cùng với các tác nhân gây ra từ môi trường. Đây là những trường hợp khó khăn hơn nhiều, nhưng chúng bao gồm các bệnh quan trọng như tiểu đường, tâm thần phân liệt, bệnh Alzheimer, Parkinson và bệnh tim. Tất cả đều cho thấy các mẫu di truyền xác định, nhưng không có gen nào chịu trách nhiệm. Ví dụ, có thể có một người bị tâm thần phân liệt nhưng người anh em sinh đôi của họ lại hoàn toàn bình thường.

Trong những năm qua, nhiều nhà khoa học đã thông báo cô lập được một số gen liên quan đến tâm thần phân liệt bằng cách theo dõi

lịch sử di truyền của một số gia đình. Tuy nhiên, thật đáng xấu hổ là các kết quả này thường không được các nghiên cứu độc lập khác kiểm chứng. Vì vậy, những kết quả này là thiếu sót, hoặc có lẽ có quá nhiều gen liên quan đến tâm thần phân liệt. Thêm vào đó, một số yếu tố môi trường dường như có liên quan.

Cho đến tương lai trung hạn, liệu pháp gen có lẽ sẽ trở thành một liệu pháp rộng rãi, ít nhất là đối với các bệnh gây ra bởi các gen đơn. Nhưng bệnh nhân có thể không hài lòng với việc chỉ sửa chữa gen. Họ còn cũng có thể muốn cải thiện chúng.

TRẺ EM THIẾT KẾ

Đến tương lai trung hạn, các nhà khoa học sẽ tiến thêm một bước từ việc chỉ sửa chữa gen hỏng đến thực sự tăng cường và cải thiện chúng.

Mơ ước sở hữu năng lực siêu phàm vốn có từ xa xưa, bắt rễ sâu trong thần thoại Hy Lạp và La Mã và trong những giấc mơ của con người. Anh hùng vĩ đại Hercules của thần thoại Hy-La, có sức mạnh phi thường không phải từ tập thể dục và chế độ ăn uống mà là do được tiêm các gen thần thánh. Mẹ anh là Alcmene xinh đẹp, một ngày nọ đã khiến Zeus mê mệt đến nỗi cải trang thành chồng để quan hệ với nàng. Khi nàng mang thai, Zeus đã tuyên bố một ngày nào đó đứa bé sẽ trở thành một chiến binh vĩ đại. Nhưng vợ của Zeus, Hera, ghen tuông lồng lộn và bí mật lên kế hoạch giết đứa bé bằng cách trì hoãn việc sinh nở. Alcmene suýt chết vì đau đớn trong cơn đau đẻ kéo dài, nhưng âm mưu của Hera bị phơi bày vào phút cuối và Alcmene sinh ra một đứa trẻ lớn bất thường. Nửa người và nửa thần, Hercules thừa hưởng sức mạnh thần thánh của cha để hoàn thành những kỳ công huyền thoại.

Trong tương lai, chúng ta có thể không tạo ra các gen thần thánh, nhưng chắc chắn tạo ra được các gen mang đến năng lực siêu phàm. Và giống như quá trình chào đời nhọc nhằn của Hercules, sẽ có nhiều khó khăn đưa công nghệ này thành hiện thực.

Cho đến tương lai trung hạn, "trẻ em thiết kế" có thể sẽ trở thành hiện thực. Như nhà sinh vật học tại Đại học Harvard, E. O. Wilson từng nói: "*Homo sapiens*, loài sinh vật thực sự tự do đầu tiên, sắp dừng chọn lọc tự nhiên. Đó chính là quá trình đã tạo nên chúng ta... Chẳng mấy chốc chúng ta phải nhìn sâu vào chính mình và quyết định mình muốn trở thành điều gì."

Các nhà khoa học đang tìm ra các gen kiểm soát các chức năng cơ bản. Ví dụ, gen "chuột thông minh" làm tăng bộ nhớ và hiệu suất của chuột, đã được phân lập vào năm 1999. Chuột có gen thông minh sẽ giải mê cung tốt hơn và ghi nhớ mọi thứ.

Các nhà khoa học tại Đại học Princeton như Joseph Tsien đã tạo ra một dòng chuột biến đổi gen với một gen phụ NR2B giúp kích hoạt sản sinh chất dẫn truyền thần kinh N-methyl-D-aspartate (NMDA) trong não chuột. Những người tạo ra chuột thông minh gọi chúng là chuột Doogie (theo nhân vật truyền hình Doogie Howser, MD).

Những con chuột thông minh này đánh bại chuột bình thường trong nhiều thử nghiệm khác nhau. Nếu một con chuột được đặt vào thùng nước đục màu sữa, nó phải tìm một chỗ ẩn ngay bên dưới mặt nước. Chuột bình thường quên chỗ này và bơi ngẫu nhiên xung quanh thùng, trong khi chuột thông minh di chuyển ngay đến đó trong lần thử đầu tiên. Nếu chỉ cho những con chuột này hai vật thể, một cũ và một mới, những con chuột bình thường không chú ý đến vật mới. Nhưng những con chuột thông minh ngay lập tức nhận ra sự hiện diện của vật thể mới này.

Điều quan trọng nhất là các nhà khoa học hiểu cách gen chuột thông minh hoạt động như thế nào: chúng điều chỉnh các khớp thần kinh của não. Nếu coi bộ não như một nút giao thông các xa lộ khổng lồ, thì khớp thần kinh sẽ tương đương với một trạm thu phí. Nếu phí quá cao, thì xe hơi không thể đi qua cổng: một thông điệp bị ngăn lại trong não. Nhưng nếu phí thấp, xe hơi có thể vượt qua và thông điệp được truyền đi. Chất dẫn truyền thần kinh như NMDA giúp giảm phí

tại khớp thần kinh, nhờ đó các thông điệp được truyền tự do. Những con chuột thông minh có hai bản sao của gen NR2B, do đó giúp sản xuất chất dẫn truyền thần kinh NMDA.

Những con chuột thông minh này xác minh quy tắc Hebb: quá trình học diễn ra khi một số nhánh thần kinh được củng cố. Cụ thể, những nhánh này có thể được tăng cường bằng cách điều chỉnh các khớp thần kinh nối hai sợi thần kinh, giúp tín hiệu dễ dàng vượt qua khớp thần kinh hơn.

Kết quả này có thể giúp giải thích một số đặc thù về học tập. Người ta biết rằng động vật già có khả năng học hỏi giảm. Các nhà khoa học nhận thấy điều này trong khắp thế giới động vật. Đó là do gen NR2B trở nên ít hoạt động hơn khi nhiều tuổi.

Ngoài ra, như chúng ta đã thấy trước đó với quy tắc Hebb, ký ức có thể được tạo ra khi các tế bào thần kinh hình thành kết nối mạnh mẽ. Điều này có thể đúng, do việc kích hoạt thụ thể NMDA tạo ra một kết nối mạnh mẽ.

GEN CHUỘT ĐẠI LỰC SĨ

Ngoài ra, "gen chuột đại lực sĩ" cũng được cô lập, làm tăng khối lượng cơ khiến chuột phát triển cơ bắp. Điều này lần đầu tiên được tìm thấy ở những con chuột có cơ bắp lớn bất thường. Các nhà khoa học hiện nay nhận ra chìa khóa nằm trong gen myostatin, giúp giữ cho cơ bắp tăng trưởng trong kiểm soát. Nhưng vào năm 1997, các nhà khoa học đã phát hiện ra khi gen myostatin bị bất hoạt ở chuột, sự phát triển cơ bắp mở rộng hơn rất nhiều.

Một bước đột phá khác đã được thực hiện ngay sau đó ở Đức, khi các nhà khoa học kiểm tra một cậu bé sơ sinh có cơ bắp bất thường ở bắp tay và bắp đùi. Phân tích siêu âm cho thấy cơ bắp của cậu bé lớn gấp đôi bình thường. Bằng cách giải trình tự các gen của cậu và mẹ (một vận động viên chạy nước rút chuyên nghiệp), họ đã tìm thấy một

mô hình di truyền tương tự. Trong thực tế, phân tích máu của cậu bé cho thấy không có chút myostatin nào.

Các nhà khoa học tại Trường Y khoa Johns Hopkins lúc đầu háo hức tiếp xúc với bệnh nhân bị rối loạn cơ thoái hóa, những người có thể hưởng lợi từ kết quả này, nhưng họ thất vọng khi thấy một nửa các cuộc điện thoại gọi đến văn phòng là từ những người tập thể hình muốn có gen để tăng cơ bắp, không màng hậu quả. Có lẽ những người tập thể hình này đã gợi lại thành công phi thường của Arnold Schwarzenegger, người đã thừa nhận sử dụng thuốc kích thích steroid để vụt sáng thành sao. Do có sự quan tâm lớn đến gen myostatin và cách để ngăn chặn nó, ngay cả Ủy ban Olympic cũng buộc phải thành lập một ủy ban đặc biệt để xem xét vấn đề này. Không giống như steroid, tương đối dễ phát hiện thông qua các thử nghiệm hóa học, phương pháp mới này khó phát hiện hơn nhiều do liên quan đến gen và các protein chúng tạo ra.

Nghiên cứu thực hiện trên cặp song sinh cùng trứng bị chia cắt khi chào đời cho thấy một loạt đặc điểm hành vi bị ảnh hưởng bởi di truyền học. Trên thực tế, những nghiên cứu này cho thấy khoảng 50% hành vi của một cá thể sinh đôi chịu ảnh hưởng từ gen, 50% còn lại theo môi trường. Những đặc điểm này bao gồm bộ nhớ, lý luận bằng lời nói, tư duy về không gian, tốc độ xử lý, hướng ngoại và thích cảm giác mạnh.

Ngay cả những hành vi từng được cho là phức tạp cũng đang tiết lộ nguồn gốc di truyền của chúng. Ví dụ, chuột đồng là loài đơn giao. Chuột trong phòng thí nghiệm giao phối hỗn tạp. Larry Young tại Đại học Emory đã khiến thế giới công nghệ sinh học rung chuyển khi chỉ ra việc chuyển một gen từ chuột đồng có thể tạo ra những con chuột thể hiện đặc trưng đơn giao. Mỗi động vật có một phiên bản thụ thể nhất định cho một peptide não liên quan đến hành vi xã hội và giao phối. Young đã đưa gen chuột đồng cho thụ thể này vào chuột và nhận thấy những con chuột sau đó thể hiện hành vi giống như chuột đồng.

Young nói: "Mặc dù nhiều gen tham gia vào sự tiến hóa của các hành vi xã hội phức tạp như đơn giao... nhưng những thay đổi trong mức độ thể hiện của một gen đơn lẻ có thể ảnh hưởng đến sự biểu hiện của những hành vi này, ví dụ như sự xác định quan hệ huyết thống."

Trầm cảm và hạnh phúc cũng có thể có nguồn gốc di truyền. Từ lâu người ta đã biết có những người hạnh phúc dù phải trải tai nạn bi thảm. Họ luôn nhìn thấy mặt sáng của vấn đề, ngay cả khi đối mặt với những thất bại dễ khiến người khác suy sụp. Những người này cũng có xu hướng khỏe mạnh hơn bình thường. Nhà tâm lý học Harvard, Daniel Gilbert, nói với tôi có một lý thuyết có thể giải thích điều này. Có lẽ chúng ta được sinh ra với một "điểm đặt hạnh phúc". Mỗi ngày chúng ta có thể dao động xung quanh điểm này, nhưng mức độ của nó là cố định khi ta chào đời. Trong tương lai, thông qua các loại thuốc hoặc liệu pháp gen, người ta có thể thay đổi điểm đặt này, đặc biệt là đối với những người bị trầm cảm kinh niên.

TÁC DỤNG PHỤ CỦA CÁCH MẠNG CÔNG NGHỆ SINH HỌC

Cho đến tương lai trung hạn, các nhà khoa học sẽ có thể phân lập và thay đổi nhiều gen đơn kiểm soát nhiều đặc tính của con người. Nhưng điều này không có nghĩa là nhân loại sẽ ngay lập tức hưởng lợi từ điều này. Ngoài ra sẽ mất hàng thập kỷ thực hiện công việc khó khăn và lâu dài là loại bỏ các tác dụng phụ và hậu quả không mong muốn.

Ví dụ, Achilles bất khả chiến bại trong chiến đấu, chỉ huy quân Hy Lạp chiến thắng trong trận chiến lịch sử với Troy. Tuy nhiên, chàng có một điểm tử huyệt. Khi còn nhỏ, mẹ Achilles nhúng chàng vào con sông thần kỳ Styx để chàng trở nên bất khả chiến bại. Thật không may là khi nhúng, bà đã phải giữ chàng bằng gót chân nên để lại một điểm yếu rất quan trọng. Achilles hy sinh trong cuộc chiến thành Troy sau khi bị bắn tên vào gót chân.

Ngày nay, các nhà khoa học đang tự hỏi liệu các chủng sinh vật mới xuất hiện từ phòng thí nghiệm của họ có gót chân Achilles hay

không. Ví dụ, ngày nay có khoảng ba mươi ba chủng "chuột thông minh" khác nhau được tăng cường trí nhớ và năng lực. Tuy nhiên, có một tác dụng phụ không mong muốn với trí nhớ tăng cường; chuột thông minh đôi khi bị tê liệt do sợ hãi. Ví dụ, nếu tiếp xúc với một cú sốc điện cực kỳ nhẹ, chúng sẽ rùng mình sợ hãi. Alcino Silva làm việc tại UCLA, người đã phát triển dòng chuột thông minh riêng nói: "Cứ như thể chúng nhớ quá nhiều." Hiện nay các nhà khoa học nhận ra việc quên đi có thể cũng quan trọng như ghi nhớ trong việc hiểu ý nghĩa của thế giới và sắp xếp kiến thức. Có lẽ chúng ta phải bỏ đi nhiều tập tin để sắp xếp lại kiến thức của mình.

Điều này gợi nhớ một trường hợp từ những năm 1920, được ghi nhận bởi nhà thần kinh học người Nga A. R. Luria, một người đàn ông có trí nhớ nhiếp ảnh. Chỉ đọc một lần trường ca *Divine Comedy* (Thần khúc) của Dante, ông đã ghi nhớ mọi từ. Điều này hữu ích cho công việc của ông là một phóng viên báo chí, nhưng ông không có khả năng hiểu được các sắc thái tu từ. Luria quan sát: "Những trở ngại đối với sự hiểu biết của ông đã áp đảo: mỗi cấu trúc gợi ra một hình ảnh; hình ảnh này sẽ xung đột với một hình ảnh khác được gợi lên trước đó."

Thực tế, các nhà khoa học tin rằng phải có sự cân bằng giữa quên và nhớ. Nếu quên quá nhiều, bạn có thể quên cả nỗi đau của những sai lầm trước đó cùng kỹ năng quan trọng. Nếu nhớ quá nhiều, bạn có thể nhớ các chi tiết quan trọng, nhưng có thể bị tê liệt bởi phải nhớ hết mọi tổn thương và thất bại. Chỉ cân bằng giữa hai điều này mới mang lại sự hiểu biết tối ưu.

Những người tập thể hình đổ xô tìm đến các loại thuốc khác nhau và phương pháp điều trị hứa hẹn đem lại nổi tiếng và vinh quang. Các hormone erythropoietin (EPO) hoạt động tăng lượng oxy cho nhiều tế bào hồng cầu, có nghĩa là tăng sức chịu đựng. Do EPO làm đặc máu, nó cũng liên quan đến đột quỵ và đau tim. Các yếu tố tăng trưởng giống như Insulin (IGF) rất hữu ích vì chúng giúp các protein tăng khối lượng cơ bắp, nhưng cũng liên quan đến sự phát triển của khối u.

Ngay cả khi luật cấm cải tiến di truyền được thông qua, những nghiên cứu này sẽ rất khó để dừng lại. Ví dụ, cha mẹ được lập trình di truyền bởi quá trình tiến hóa nhằm mang đến mọi lợi thế cho con cái mình. Một mặt, điều này có thể có nghĩa mang lại cho thế hệ sau những bài học về violin, ballet và thể thao. Nhưng mặt khác, nó cũng có thể có nghĩa đem lại những cải tiến di truyền để cải thiện trí nhớ, khả năng tập trung, khả năng thể thao và thậm chí cả vẻ ngoài. Nếu cha mẹ phát hiện ra con mình đang cạnh tranh với con hàng xóm được cho là đã được cải thiện về mặt di truyền, họ sẽ có áp lực rất lớn để mang lại lợi ích tương tự cho con cái mình.

Như Gregory Benford đã nói: "Chúng ta đều biết những người ưa nhìn thường gặp nhiều thuận lợi. Điều gì có thể khiến các bậc cha mẹ ngăn con cái mình có đôi chân mạnh mẽ (có thể theo nghĩa đen) trong một thế giới mới đầy cạnh tranh?"

Đến tương lai trung hạn, cải tiến di truyền có thể trở nên phổ biến. Trên thực tế, các cải tiến di truyền thậm chí có thể trở nên không thể thiếu nếu chúng ta khám phá Hệ Mặt trời và sống trên các hành tinh khắc nghiệt.

Một số người nói rằng chúng ta nên sử dụng các gen thiết kế để làm cho con người khỏe mạnh và hạnh phúc hơn. Những người khác nói rằng chúng ta nên cho phép cải thiện ngoại hình. Câu hỏi lớn nhất sẽ là việc này sẽ đi đến đâu. Trong mọi trường hợp, có thể sẽ ngày càng khó khăn để kiểm soát sự lây lan của "gen thiết kế" giúp tăng cường vẻ bề ngoài và nâng cao năng lực. Chúng ta không muốn loài người tách thành các phe phái di truyền khác nhau, được tăng cường và không được tăng cường, nhưng xã hội sẽ phải quyết định một cách dân chủ cách để thúc đẩy công nghệ này.

Cá nhân tôi tin rằng luật pháp sẽ được thông qua để điều chỉnh công nghệ mạnh mẽ này, cho phép liệu pháp gen để chữa bệnh và mang đến một cuộc sống hữu ích, nhưng hạn chế liệu pháp gen mà chỉ để phục vụ cho các nhu cầu thẩm mỹ. Một thị trường chợ đen cuối cùng

có thể phát triển để lách luật, vì vậy chúng ta cần điều chỉnh theo một xã hội trong đó một phần nhỏ dân số được tăng cường về mặt di truyền.

Trong hầu hết các lĩnh vực, điều này có thể không phải là thảm họa. Có thể sử dụng phẫu thuật thẩm mỹ để cải thiện ngoại hình, vì vậy không cần thiết phải dùng đến kỹ thuật di truyền. Nhưng nguy hiểm có thể phát sinh khi cố gắng thay đổi di truyền tính cách của một người. Có nhiều gen ảnh hưởng đến hành vi và chúng tương tác theo những cách phức tạp, vì vậy can thiệp vào các gen hành vi có thể gây ra tác dụng phụ ngoài ý muốn. Có thể mất hàng thập kỷ để phân loại tất cả các tác dụng phụ này.

Nhưng còn về sự tăng cường gen tuyệt vời nhất, là kéo dài tuổi thọ con người thì sao?

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

LÃO HÓA NGƯỢC

Trong lịch sử, các vị vua chúa nắm quyền cai quản toàn bộ đế chế, nhưng có một việc ngoài tầm kiểm soát của họ: lão hóa. Do đó, việc tìm kiếm sự bất tử đã là một trong những nhiệm vụ lâu đời nhất trong lịch sử nhân loại.

Trong Kinh Thánh, Đức Chúa Trời trục xuất Adam và Eva khỏi Vườn Địa đàng vì không nghe theo các mệnh lệnh về quả táo tri thức. Đức Chúa Trời lo ngại Adam và Eva có thể sử dụng tri thức này để mở khóa bí mật bất tử và trở thành thần. Trong Sáng Thế Ký 3:22, Kinh Thánh viết: "Này, loài người đã trở thành bậc như chúng ta, để phân biệt điều thiện và điều ác: và giờ đây, kẻo loài người cũng giơ tay lên, lấy cây sự sống và ăn và sống đời đời."

Bên cạnh Kinh Thánh, một trong những câu chuyện cổ xưa và vĩ đại nhất trong văn minh nhân loại, có niên đại từ thế kỷ 20 trước

Công nguyên, là *The Epic of Gilgamesh* (Sử thi Gilgamesh), về vị vua vĩ đại của Lưỡng Hà. Khi người bạn thân đột nhiên qua đời, Gilgamesh quyết định bắt đầu hành trình đi tìm bí mật của sự bất tử. Gilgamesh hay tin về một người đàn ông khôn ngoan và vợ ông ta đã được các vị thần ban tặng món quà của sự bất tử, trên thực tế, họ là những người duy nhất trong vùng sống sót sau trận lũ kinh hoàng. Nhờ nỗ lực phi thường, Gilgamesh cuối cùng đã tìm thấy bí mật của sự bất tử, nhưng bị một con rắn cướp đi vào phút cuối.

Vì *Sử thi Gilgamesh* là một trong những tác phẩm cổ xưa nhất, các sử gia tin rằng tìm kiếm sự bất tử là nguồn cảm hứng cho nhà văn Hy Lạp Homer viết *Odyssey* và cơn Đại Hồng Thủy của Noah được đề cập trong Kinh Thánh.

Nhiều hoàng đế, như Tần Thủy Hoàng, người thống nhất Trung Hoa khoảng năm 200 trước Công nguyên, đã cử các đội thuyền khổng lồ đi tìm thuốc trường sinh bất tử, nhưng tất cả đều thất bại. (Theo thần thoại, Tần Thủy Hoàng đã ra lệnh cho quân lính không được trở lại nếu không tìm thấy thuốc trường sinh bất tử. Không thể tìm thấy loại thuốc kia, nhưng vì sợ hãi không dám quay lại, họ đã lập ra nước Nhật Bản.)

Suốt nhiều thập kỷ, hầu hết các nhà khoa học tin rằng tuổi thọ là cố định và bất biến, vượt ngoài tầm với của khoa học. Trong vài năm qua, quan điểm này đã sụp đổ dưới sự tấn công của một loạt các kết quả thử nghiệm tuyệt đẹp đã cách mạng hóa lĩnh vực này. Lão khoa (gerontology) từng là lĩnh vực khoa học ảm đạm, tù đọng, đã trở thành một trong những lĩnh vực nóng nhất, thu hút hàng trăm triệu đô la từ các quỹ nghiên cứu và thậm chí có khả năng phát triển thương mại.

Những bí mật của quá trình lão hóa đang được làm sáng tỏ và di truyền học đóng vai trò quan trọng trong quá trình này. Nhìn vào thế giới động vật, chúng ta thấy có rất nhiều tuổi thọ khác nhau. Ví dụ, ADN của người khác với ADN của họ hàng di truyền gần nhất là tinh tinh chỉ 1,5%, nhưng con người sống lâu hơn 50%. Bằng cách phân

tích một số gen tách con người khỏi tinh tinh, có thể xác định được lý do con người sống lâu hơn so với họ hàng di truyền của chúng ta.

Điều này, đến lượt nó, đã cho chúng ta một "lý thuyết thống nhất về sự lão hóa", kết các sợi nghiên cứu khác nhau thành một tấm thảm đồng nhất. Các nhà khoa học hiện nay đã biết lão hóa là gì. Đó là sự tích tụ các lỗi ở cấp độ di truyền và tế bào. Những lỗi này có thể tích tụ theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ, sự trao đổi chất tạo ra các gốc tự do và quá trình oxy hóa, làm tổn hại máy móc phân tử tinh tế của tế bào, khiến chúng già đi; lỗi có thể tích tụ dưới dạng mảnh vụn phân tử "rác" tích tụ bên trong và bên ngoài tế bào.

Sự tích tụ các lỗi di truyền này là một sản phẩm phụ của định luật thứ hai trong nhiệt động lực học: tổng entropy (hay hỗn loạn) luôn tăng lên. Đây là lý do tại sao rỉ sét, mục nát, phân rã... là những đặc trưng phổ biến của sự sống. Định luật thứ hai là không thể tránh khỏi. Vạn vật, từ những bông hoa trên cánh đồng đến cơ thể con người và thậm chí cả chính vũ trụ, đều bị tàn phá và chết đi.

Tuy nhiên có một lỗ hổng nhỏ nhưng quan trọng trong định luật thứ hai nói rằng *tổng* entropy luôn tăng lên. Nghĩa là bạn thực sự có thể giảm entropy ở một nơi và đảo ngược lão hóa, miễn là bạn tăng entropy ở một nơi khác. Vì vậy, trẻ hóa là có thể, đổi lại gây hư hại ở nơi khác. (Điều này được ám chỉ trong cuốn tiểu thuyết nổi tiếng *The Picture of Dorian Gray* (Bức chân dung của Dorian Gray) của Oscar Wilde. Gray là một chàng trai trẻ mãi. Và bí mật nằm sau bức tranh già nua khủng khiếp của anh. Do đó, tổng số tuổi vẫn tăng lên.) Bạn cũng có thể thấy nguyên lý entropy phía sau tủ lạnh. Bên trong tủ lạnh, entropy giảm khi nhiệt độ giảm xuống. Nhưng để giảm entropy, bạn phải có một động cơ, làm tăng nhiệt sinh ra phía sau tủ lạnh, tăng entropy bên ngoài máy. Đó là lý do tủ lạnh luôn luôn nóng ở phía sau.

Nhà khoa học đoạt giải Nobel Richard Feynman từng nói: "Chưa có gì trong sinh học cho thấy có thể tránh khỏi cái chết. Điều này là tất yếu và đó chỉ là vấn đề thời gian trước khi các nhà sinh vật học khám

phá ra thứ gì gây ra rắc rối cho con người và làm thế nào để tháo bỏ cái ách tạm thời này của thể xác con người."

Định luật thứ hai cũng có thể thấy qua hoạt động của hormone nữ estrogen, giữ cho phụ nữ trẻ và đầy sức sống cho đến lúc mãn kinh, khi lão hóa tăng tốc và tỷ lệ tử vong tăng lên. Estrogen cũng giống như nạp nhiên liệu có chỉ số octane cao cho xe thể thao. Chiếc xe chạy "bốc" hơn nhưng đổi lại với động cơ hao mòn nhiều hơn. Đối với phụ nữ, sự hao mòn tế bào này có thể được biểu hiện ở ung thư vú. Trên thực tế, tiêm estrogen giúp đẩy nhanh sự phát triển của ung thư vú. Vì vậy, cái giá phụ nữ đổi lấy tuổi trẻ và sức sống trước thời kỳ mãn kinh có thể là sự gia tăng tổng entropy, trong trường hợp này là ung thư vú. (Đã có nhiều lý thuyết được đề xuất để giải thích sự gia tăng tỷ lệ ung thư vú gần đây, nhưng vẫn còn khá nhiều tranh cãi. Một giả thuyết cho rằng điều này liên quan đến tổng số chu kỳ kinh nguyệt. Trước đây, phụ nữ sau dậy thì ít nhiều liên tục mang thai cho đến lúc mãn kinh và có tuổi thọ ngắn, nghĩa là họ có ít chu kỳ kinh nguyệt, nồng độ estrogen thấp, và do đó, có thể mức độ ung thư vú tương đối thấp. Hiện nay, phụ nữ dậy thì sớm hơn, có nhiều chu kỳ kinh nguyệt, trung bình sinh 1,5 con, sống qua kỳ mãn kinh, và do đó tiếp xúc nhiều hơn với estrogen, dẫn đến sự gia tăng khả năng ung thư vú.)

Gần đây, một loạt các manh mối sốt dẻo đã được phát hiện về gen và lão hóa. Đầu tiên, các nhà nghiên cứu đã chỉ ra rằng có thể sinh ra các thế hệ động vật sống lâu hơn bình thường. Đặc biệt, có thể lai tạo các tế bào nấm men, giun tròn và ruồi giấm trong phòng thí nghiệm sống lâu hơn bình thường. Thế giới khoa học choáng váng khi Michael Rose của Đại học California tại Irvine thông báo có thể tăng tuổi thọ của ruồi giấm lên 70% bằng cách chọn lọc sinh sản. "Siêu ruồi" hay ruồi Methuselah của ông có lượng chất chống oxy hóa superoxide dismutase (SOD) cao hơn, giúp làm chậm các tổn thương do các gốc tự do gây ra. Năm 1991, Thomas Johnson của Đại học Colorado tại Boulder đã phân lập được một gen, mà ông gọi là age-1, dường như

chịu trách nhiệm về lão hóa ở giun tròn và tăng tuổi thọ của chúng lên 110%. Ông cho biết: "Nếu một cái gì đó giống như age-1 tồn tại ở người, chúng ta thực sự có thể làm điều gì đó ngoạn mục."

Hiện nay, các nhà khoa học đã phân lập được một số gen (age-1, age-2, daf-2), các gen này kiểm soát và điều chỉnh quá trình lão hóa ở các sinh vật thấp hơn, nhưng cũng có bản tương đương ở người. Một nhà khoa học cho rằng việc thay đổi tuổi thọ của tế bào nấm men gần giống như bật công tắc đèn. Khi kích hoạt một gen nào đó, các tế bào sống lâu hơn. Khi bạn tắt gen, tế bào sống ngắn hơn.

Tạo ra các tế bào nấm men sinh trưởng lâu hơn đơn giản hơn so với nhiệm vụ gây giống ở người, con người sống lâu đến nỗi việc thử nghiệm gần như là không thể. Nhưng việc phân lập các gen chịu trách nhiệm lão hóa có thể tăng tốc trong tương lai, đặc biệt khi mọi người đều có bộ gen của mình trên một đĩa CD-ROM. Đến lúc đó, các nhà khoa học sẽ có một cơ sở dữ liệu khổng lồ về hàng tỷ gen được phân tích bằng máy tính. Họ có thể quét hàng triệu hệ gen của hai nhóm người, người trẻ và người già. Bằng cách so sánh hai hệ, có thể xác định nơi lão hóa diễn ra ở cấp độ di truyền. Việc quét sơ bộ các gen này đã phân lập được khoảng 60 gen mà có vẻ như lão hóa tập trung ở đó.

Ví dụ, các nhà khoa học biết rằng tuổi thọ có xu hướng di truyền trong gia đình. Những người sống lâu thường có cha mẹ cũng sống lâu. Hiệu ứng này không rõ rệt, nhưng vẫn có thể đo được. Các nhà khoa học phân tích cặp song sinh cùng trứng được tách ra khi chào đời cũng có thể thấy điều này ở cấp độ di truyền. Nhưng tuổi thọ của con người không phải hoàn toàn do gen xác định. Các nhà khoa học đã nghiên cứu điều này tin rằng chỉ 35% tuổi thọ con người được xác định bởi gen. Vì vậy, trong tương lai, khi mọi người có hệ gen cá nhân giá 100 đô la của riêng mình, người ta có thể quét hệ gen của hàng triệu người bằng máy tính để phân lập các gen kiểm soát một phần tuổi thọ.

Hơn nữa, các nghiên cứu máy tính này có thể xác định chính xác nơi lão hóa chủ yếu diễn ra. Trong xe hơi, lão hóa diễn ra chủ yếu trong

động cơ, nơi mà xăng được oxy hóa và đốt cháy. Tương tự như vậy, phân tích di truyền cho thấy sự lão hóa được tập trung trong "động cơ" của tế bào, ti thể, hay còn gọi là nhà máy điện của tế bào. Điều này cho phép các nhà khoa học thu hẹp tìm kiếm "gen tuổi" và tìm cách tăng tốc độ sửa chữa gen bên trong ti thể để đảo ngược tác động của lão hóa.

Đến năm 2050, quá trình lão hóa có thể được làm chậm lại thông qua nhiều liệu pháp, ví dụ, tế bào gốc, cửa hàng cơ thể người, và liệu pháp gen để sửa chữa gen lão hóa. Chúng ta có thể sống từ 150 tuổi trở lên. Đến năm 2100, có thể đảo ngược tác động của lão hóa bằng cách tăng tốc các cơ chế sửa chữa tế bào để sống lâu hơn nữa.

HẠN CHẾ CALO

Lý thuyết này cũng có thể giải thích sự thật kỳ lạ là hạn chế calo (giảm 30% lượng calo hoặc hơn) làm tăng tuổi thọ khoảng 30%. Tất cả các sinh vật được nghiên cứu cho đến nay – từ tế bào nấm men, nhện và côn trùng đến thỏ, chó và bây giờ là khỉ – biểu lộ hiện tượng kỳ lạ này. Động vật có chế độ ăn hạn chế này có ít khối u, ít mắc bệnh tim hơn, tỷ lệ mắc bệnh tiểu đường thấp hơn và ít bệnh liên quan đến lão hóa hơn. Trên thực tế, hạn chế calo là cơ chế duy nhất bảo đảm tăng tuổi thọ đã được kiểm chứng nhiều lần trong thế giới động vật và luôn đúng. Cho đến gần đây, loài duy nhất vẫn còn lảng tránh các nhà nghiên cứu về hạn chế calo là động vật linh trưởng, trong đó có con người, bởi sống quá lâu.

Các nhà khoa học đặc biệt sốt sắng khi chờ kết quả của việc hạn chế calo trên khỉ rhesus. Các nghiên cứu của Đại học Wisconsin cho thấy, sau 20 năm hạn chế calo, khỉ theo chế độ ăn này ít mắc bệnh hơn: ít tiểu đường, ung thư, bệnh tim. Nói chung, những con khỉ này có sức khỏe tốt hơn những người anh em với chế độ ăn bình thường.

Có một lý thuyết giải thích điều này: Thiên nhiên cho động vật hai "sự lựa chọn" sử dụng năng lượng. Chủ yếu, năng lượng được sử dụng để sinh sản. Khi đói, cơ thể tắt chế độ sinh sản, bảo tồn năng

lượng và cố gắng vượt qua cơn đói. Trong thế giới động vật, trạng thái gần đói khá phổ biến và do đó động vật thường "lựa chọn" tắt sinh sản, làm chậm quá trình trao đổi chất, sống lâu hơn và chờ tương lai tươi sáng.

Chén Thánh của nghiên cứu lão hóa là bằng cách nào đó bảo tồn những lợi ích của việc hạn chế calo mà không có nhược điểm (bị đói). Xu hướng tự nhiên của con người dường như là tăng cân, không phải sụt cân. Trên thực tế, thực hiện chế độ ăn uống hạn chế calo không có gì vui cả; bạn ăn theo chế độ mà đến thầy tu khổ hạnh cũng phải chán chường. Ngoài ra, động vật ăn theo chế độ đặc biệt nghiêm khắc trở nên thờ ơ, chậm chạp và mất hết sự quan tâm đến tình dục. Các nhà khoa học đang tìm kiếm một gen kiểm soát cơ chế này, nhờ đó chúng ta có thể gặt hái những lợi ích của việc hạn chế calo mà không có nhược điểm.

Nhà nghiên cứu MIT Leonard P. Guarente và những nhà khoa học đang tìm kiếm gen kéo dài tuổi thọ của tế bào nấm men đã tìm ra manh mối quan trọng vào năm 1991. Guarente, David Sinclair của Harvard, và các đồng nghiệp đã khám phá ra gen SIR2, có liên quan đến việc mang lại tác động của hạn chế calo. Gen này chịu trách nhiệm phát hiện dự trữ năng lượng của một tế bào. Khi dự trữ năng lượng thấp, như trong cơn đói, gen được kích hoạt. Đây rõ ràng là cơ chế hoạt động mà gen kiểm soát tác động của hạn chế calo. Họ cũng phát hiện ra rằng gen SIR2 có một đối tác ở chuột và người, được gọi là gen SIRT, tạo ra các protein gọi là sirtuins. Sau đó, họ tìm kiếm hóa chất kích hoạt các sirtuins và tìm thấy chất hóa học resveratrol.

Điều này thật thú vị, bởi các nhà khoa học cũng tin rằng resveratrol có thể mang lại lợi ích của rượu vang đỏ và lý giải "Nghịch lý nước Pháp". Ẩm thực Pháp nổi tiếng với nước sốt ngậy, có nhiều chất béo và dầu, nhưng người Pháp dường như có tuổi thọ bình thường. Có lẽ đó là nhờ người Pháp tiêu thụ quá nhiều rượu vang đỏ, trong đó có resveratrol.

Theo Sinclair, các nhà khoa học đã phát hiện ra rằng chất kích hoạt sirtuin có thể bảo vệ chuột khỏi nhiều loại bệnh, bao gồm ung thư phổi và đại tràng, u ác tính, ung thư hạch, tiểu đường tuýp 2, tim mạch và Alzheimer. Nếu ngay cả một phần nhỏ của những căn bệnh này có thể được điều trị ở người thông qua sirtuins, nó sẽ cách mạng hóa tất cả các loại thuốc.

Gần đây, một lý thuyết đã được đề xuất để giải thích tất cả các tính chất đáng chú ý của resveratrol. Theo Sinclair, mục đích chính của sirtuin là ngăn chặn một số gen kích hoạt. Ví dụ, nhiễm sắc thể của tế bào đơn nếu được kéo hoàn toàn sẽ tạo ra một phân tử rất dài đến 1,8 m. Bất cứ lúc nào, chỉ một phần của các gen trên nhiễm sắc thể dài 1.8 m này là cần thiết; phần còn lại phải không hoạt động. Tế bào khóa hầu hết các gen khi không cần đến bằng cách gói chặt nhiễm sắc thể với nhiễm sắc tố, do sirtuin duy trì.

Tuy nhiên, đôi khi có sự gián đoạn nghiêm trọng của các nhiễm sắc thể nhạy cảm này, khi một trong các mạch đứt gãy hoàn toàn. Trong trường hợp này, các sirtuin tác động, giúp sửa chữa nhiễm sắc thể bị hỏng. Nhưng khi sirtuin tạm thời rời vị trí để thực hiện nhiệm vụ giải cứu này, chúng phải từ bỏ công việc chính là giữ cho gen im lặng. Chính vì thế, gen được kích hoạt, gây ra hỗn loạn di truyền. Sinclair đề xuất sự cố này là một trong những cơ chế chính gây lão hóa.

Nếu điều này là đúng, thì có lẽ sirtuin không chỉ ngăn lão hóa mà còn đảo ngược nó. Tổn hại ADN ở các tế bào khó sửa chữa và đảo ngược. Nhưng Sinclair tin rằng phần lớn sự lão hóa của con người là do các sirtuin đã bị chuyển hướng từ nhiệm vụ chính của chúng, cho phép các tế bào thoái hóa. Ông cho rằng có thể dễ dàng đảo ngược sự chuyển hướng của những sirtuin này.

SUỐI NGUỒN TƯƠI TRẺ?

Tuy nhiên, một sản phẩm phụ không mong muốn của phát hiện này là tạo ra gánh xiếc truyền thông. Ngày nọ, chương trình *60 Minutes* (60

phút) và *The Oprah Winfrey Show* (Chương trình Oprah Winfrey) nhắc đến resveratrol, gây sốt trên Internet, các công ty rởm mọc lên trong một đêm, hứa hẹn thuốc trường sinh bất lão. Tưởng như cả những người bán giả dược và lang băm cũng muốn kết giao với resveratrol.

(Tôi đã có cơ hội phỏng vấn Guarente, người gây cơn sốt truyền thông này, ở phòng thí nghiệm của ông. Ông thận trọng trong các phát biểu, nhận ra tác động truyền thông về các kết quả của mình và những quan niệm sai lầm có thể phát triển. Đặc biệt, ông rất tức giận do nhiều trang mạng quảng cáo resveratrol như một dạng suối nguồn tươi trẻ. Ông kinh ngạc khi mọi người cố gắng kiếm tiền từ sự nổi tiếng đột ngột của resveratrol, mặc dù hầu hết các kết quả vẫn còn là dự kiến. Tuy nhiên, ông không loại trừ khả năng một ngày nào đó, nếu suối nguồn tươi trẻ được tìm thấy, thậm chí giả sử nó tồn tại, thì SIR2 có thể đóng một vai trò nào đó. Trên thực tế, người đồng nghiệp Sinclair của ông thừa nhận đã uống một lượng lớn resveratrol mỗi ngày.)

Mối quan tâm trong nghiên cứu lão hóa của cộng đồng khoa học mãnh liệt tới mức Trường Y Harvard đã tài trợ một hội nghị vào năm 2009 thu hút một số nhà nghiên cứu lớn. Trong số khán giả, nhiều người đã theo chế độ hạn chế calo. Nhìn gày gò và yếu đuối, họ đã thử nghiệm triết lý khoa học của mình bằng cách hạn chế chế độ ăn uống. Cũng có những thành viên của Câu lạc bộ 120, những người có ý định sống đến 120 tuổi. Đặc biệt, sự quan tâm tập trung vào Dược phẩm Sirtris, đồng sáng lập bởi David Sinclair và Christoph Westphal, hiện đang tiến hành thử nghiệm lâm sàng một số chất thay thế resveratrol. Westphal nói thẳng thừng: "Trong năm hay sáu hay bảy năm, sẽ có những loại thuốc kéo dài tuổi thọ."

Hóa chất thậm chí không tồn tại một vài năm trước đây bỗng trở thành chủ đề quan tâm đặc biệt khi được thử nghiệm. SRT501 đang được thử nghiệm chống lại đa u tủy và ung thư đại tràng. SRT2104 được thử nghiệm chống lại bệnh tiểu đường tuýp 2. Không chỉ sirtuin mà còn một loạt các gen, protein và hóa chất khác (bao gồm IGF-1,

TOR và rapamycin) đang được nhiều nhóm nghiên cứu khác nhau phân tích chặt chẽ.

Chỉ có thời gian mới cho biết các thử nghiệm lâm sàng có thành công hay không. Lịch sử y học chứa đầy những câu chuyện lừa dối, ngụy biện và gian lận khi nói đến quá trình lão hóa. Nhưng khoa học, chứ không phải mê tín dị đoan, dựa trên dữ liệu có thể tái lập, có thể kiểm chứng và có tính phản nghiệm. Viện Quốc gia về Lão hóa thiết lập các chương trình thử nghiệm hiệu ứng lão hóa của các chất khác nhau, chúng ta sẽ chờ đợi liệu những nghiên cứu hấp dẫn trên động vật có mang lại hiệu quả tương tự cho con người hay không

CHÚNG TA LIỆU CÓ PHẢI CHẾT?

William Haseltine, một nhà tiên phong công nghệ sinh học, từng nói với tôi: "Bản chất của sự sống không phải là cái chết. Đó là sự bất tử. ADN là một phân tử bất tử. Phân tử đó lần đầu tiên xuất hiện có lẽ khoảng 3,5 tỷ năm trước. Chính phân tử đó thông qua quá trình nhân đôi, tồn tại đến ngày nay... Đúng là chúng ta đang suy tàn, nhưng chúng ta đang nói về đề xuất phương thức trong tương lai để thay đổi điều này. Đầu tiên để kéo dài tuổi thọ gấp hai hoặc ba lần. Và có lẽ, nếu chúng ta hiểu bộ não đủ tốt, để kéo dài tuổi thọ và bộ não của con người vô thời hạn. Và tôi không nghĩ đó là một quá trình không tự nhiên."

Các nhà sinh vật học tiến hóa chỉ ra rằng áp lực tiến hóa được đặt lên động vật trong độ tuổi sinh sản. Sau khi hết độ tuổi sinh sản, động vật có thể trở thành gánh nặng cho nhóm và do đó có lẽ sự tiến hóa đã lập trình để nó chết do tuổi già. Vì vậy, có lẽ con người được lập trình để chết. Nhưng chúng ta có thể lập trình lại bản thân để sống lâu hơn.

Trên thực tế, chẳng hạn động vật có vú, ta thấy các động vật có vú càng lớn, tỷ lệ trao đổi chất càng thấp và càng sống lâu hơn. Chẳng hạn, chuột đốt cháy một lượng lớn thức ăn để duy trì cân nặng và chỉ sống khoảng bốn năm. Voi có tốc độ chuyển hóa chậm hơn nhiều và

sống đến 70 năm. Nếu sự trao đổi chất tỷ lệ với sự tích tụ lỗi, thì điều này cho thấy bạn sống lâu hơn nếu tỷ lệ trao đổi chất của bạn thấp hơn. (Điều này có thể giải thích câu "đốt nến hai đầu". Tôi từng đọc câu chuyện ngắn về một vị thần ngỏ ý trao cho một người đàn ông bất cứ điều ước nào. Anh ta đã nhanh chóng ước sống 1.000 năm. Vị thần ban ngay điều ước và biến anh ta thành một cái cây.)

Các nhà sinh vật học tiến hóa cố gắng giải thích theo hướng tuổi thọ giúp một loài sống sót trong tự nhiên như thế nào. Đối với họ, tuổi thọ cụ thể được xác định về mặt di truyền vì nó giúp loài sống sót và phát triển. Họ cho rằng chuột có tuổi thọ ngắn do liên tục bị nhiều loài săn bắt và thường bị cóng đến chết trong mùa đông. Những con chuột truyền gen cho thế hệ sau là những con chuột đẻ nhiều nhất, không phải là những con sống lâu hơn. (Nếu lý thuyết này là chính xác, hy vọng rằng những con chuột có thể bằng cách nào đó thoát khỏi những kẻ săn mồi sẽ sống lâu hơn. Thật vậy, dơi có kích thước bằng chuột, nhưng lại sống lâu gấp 3,5 lần.)

Nhưng một sự bất thường đến từ loài bò sát. Rõ ràng, một số loài bò sát không có tuổi thọ. Chúng thậm chí có thể sống mãi mãi. Hai loài cá sấu châu Phi và cá sấu châu Mỹ ngày càng lớn, nhưng vẫn mạnh mẽ và năng động hơn bao giờ hết. (Sách giáo khoa thường nói cá sấu chỉ sống đến 70 tuổi. Nhưng có lẽ là vì người trông nom vườn thú đã qua đời ở tuổi 70. Các sách giáo khoa khác trung thực hơn chỉ đơn giản nói rằng tuổi thọ của những sinh vật này lớn hơn 70 nhưng chưa bao giờ đo cụ thể trong các điều kiện phòng thí nghiệm.) Trên thực tế, chúng không bất tử, bởi vì chúng sẽ chết do tai nạn, nạn đói, bệnh tật... Nhưng nếu còn trong vườn thú, chúng có tuổi thọ rất cao, gần như sống mãi.

ĐỒNG HỒ SINH HỌC

Một manh mối thú vị khác xuất phát từ các telomere của tế bào, hoạt động như một "đồng hồ sinh học". Giống như các đầu nhựa ở dây giày,

các telomere được đặt ở hai đầu của nhiễm sắc thể. Sau mỗi chu kỳ tái tạo, chúng trở nên ngắn hơn. Cuối cùng, sau khoảng 60 lần tái tạo (cho các tế bào da), các telomere mất đi. Các tế bào sau đó đi vào lão hóa và không hoạt động ổn định nữa. Vì vậy, các telomere giống như cầu chì trên một thanh chất nổ. Nếu cầu chì ngắn hơn sau mỗi chu kỳ hoạt động, cuối cùng nó sẽ biến mất và tế bào dừng tái tạo.

Đây chính là giới hạn Hayflick, có vẻ như đặt giới hạn trên vào vòng đời của một số tế bào nhất định. Ví dụ, các tế bào ung thư không có giới hạn Hayflick và tạo ra một loại enzyme gọi là telomerase ngăn các telomere ngày càng ngắn hơn. Các enzyme telomerase có thể được tổng hợp. Khi áp dụng cho tế bào da, chúng dường như tái tạo không giới hạn. Chúng trở nên bất tử.

Tuy nhiên, có một mối nguy hiểm ở đây. Tế bào ung thư cũng là bất tử, phân chia không giới hạn bên trong một khối u. Trên thực tế, đó là lý do tại sao tế bào ung thư rất nguy hiểm, bởi vì chúng sinh sản không có giới hạn, cho đến khi cơ thể không thể hoạt động nữa. Vì vậy, enzyme telomerase phải được phân tích cẩn thận. Bất kỳ liệu pháp nào sử dụng telomerase để tua lại đồng hồ sinh học cũng phải được kiểm tra để chắc chắn nó không gây ung thư.

BẤT TỬ ĐI KÈM TUỔI TRẺ

Triển vọng mở rộng tuổi thọ con người vừa là niềm vui nhưng cũng trở thành nỗi kinh hoàng khi suy ngẫm về bùng nổ dân số và một xã hội già yếu sẽ tàn phá quốc gia.

Một sự kết hợp của các liệu pháp sinh học, cơ khí và công nghệ nano có thể không chỉ làm tăng tuổi thọ mà còn bảo tồn tuổi trẻ của chúng ta. Robert A. Freitas Jr., người áp dụng công nghệ nano vào y học, từng nói: "Những can thiệp như vậy có thể trở nên phổ biến trong một vài thập kỷ tới. Khi kiểm tra, làm sạch hàng năm kèm một số sửa chữa lớn thường xuyên, tuổi sinh học của bạn có thể được phục hồi mỗi năm một lần và duy trì ở khoảng tuổi mà bạn lựa chọn. Cuối cùng

bạn có thể chết do các nguyên nhân ngẫu nhiên, nhưng sẽ sống lâu hơn ít nhất mười lần so với hiện tại."

Trong tương lai, kéo dài tuổi thọ sẽ không phải là vấn đề uống nước ở Suối Nguồn Tươi Trẻ huyền thoại. Nhiều khả năng, nó sẽ là sự kết hợp của nhiều phương pháp:

1. phát triển các cơ quan mới khi chúng bị mòn hoặc bị bệnh, thông qua kỹ thuật mô và tế bào gốc
2. ăn một loại hỗn hợp protein và enzyme để tăng cơ chế sửa chữa tế bào, điều chỉnh sự trao đổi chất, thiết lập lại đồng hồ sinh học và giảm quá trình oxy hóa
3. sử dụng liệu pháp gen để thay đổi những gen làm chậm quá trình lão hóa
4. duy trì lối sống lành mạnh (tập thể dục và chế độ ăn uống tốt)
5. sử dụng cảm biến nano để phát hiện các bệnh như ung thư trước khi chúng trở nên nguy hiểm

DÂN SỐ, THỰC PHẨM VÀ Ô NHIỄM

Nhưng một câu hỏi dai dẳng là: Nếu tuổi thọ trung bình tăng lên, liệu chúng ta có bị mệt mỏi bởi dân số quá tải? Không ai có câu trả lời.

Trì hoãn quá trình lão hóa mang đến một loạt các tác động xã hội. Nếu con người sống lâu hơn, liệu Trái đất có trở nên quá tải vì bùng nổ dân số? Một số người chỉ ra rằng tuổi thọ đã kéo dài đáng kể, khi bùng nổ từ 45 đến 70, 80 chỉ trong vòng một thế kỷ. Nhưng thay vì gây ra bùng nổ dân số, điều này được cho là đã có tác động hoàn toàn ngược lại. Khi mọi người sống lâu hơn, họ theo đuổi sự nghiệp và trì hoãn sinh đẻ. Trên thực tế, dân số châu Âu bản địa thực sự đang giảm đáng kể. Vì vậy, nếu mọi người sống lâu và giàu có hơn, họ có thể đẻ thưa và có ít con hơn. Và do còn sống thêm nhiều thập kỷ nữa, mọi người sẽ thiết lập lại khung thời gian cho phù hợp, cũng sẽ đẻ thưa hoặc trì hoãn có con.

Những người khác cho rằng mọi người sẽ từ chối công nghệ này vì nó không thuận tự nhiên và phạm vào niềm tin tôn giáo. Các cuộc thăm dò dân số không chính thức cho thấy hầu hết mọi người nghĩ rằng cái chết là hoàn toàn tự nhiên và giúp mang lại ý nghĩa cuộc sống. (Tuy nhiên, hầu hết những người được phỏng vấn đều thuộc độ tuổi từ nhỏ đến trung niên. Nếu bạn đến viện dưỡng lão, nơi toàn những người gày gò ốm yếu, sống cùng với các cơn đau liên tục, chờ đợi cái chết và hỏi cùng một câu hỏi, bạn có thể nhận được một câu trả lời hoàn toàn khác.)

Như Greg Stock của Đại học California từng nói: "Dần dần, sự sự dằn vặt về việc đóng vai Chúa Trời và những lo lắng chuyện kéo dài tuổi thọ sẽ nhường chỗ cho một điệp khúc mới: 'Khi nào có thuốc cho tôi uống?'"

Năm 2002, với dữ liệu nhân khẩu học tốt nhất, các nhà khoa học ước tính rằng 6% tổng số người sinh ra vẫn còn sống đến ngày nay. Điều này là do trong phần lớn lịch sử, dân số của con người lơ lửng khoảng một triệu. Hoạt động tìm kiếm nguồn thực phẩm ít ỏi giữ dân số giảm xuống. Ngay cả trong thời đỉnh cao của Đế chế La Mã, dân số được ước tính chỉ là 55 triệu.

Nhưng trong vòng 300 năm qua, dân số thế giới đã tăng đột biến đáng kể trùng hợp với sự gia tăng của y học hiện đại và Cách mạng Công nghiệp, tạo ra nhiều lương thực và nhu yếu phẩm. Và trong thế kỷ 20, dân số thế giới đã vươn lên tầm cao mới, tăng hơn gấp đôi từ năm 1950 đến năm 1992: từ 2,5 tỷ đến 5,5 tỷ. Con số này hiện ở mức 6,7 tỷ. Mỗi năm, dân số thế giới tăng thêm 79 triệu người, nhiều hơn cả dân số nước Pháp.

Kết quả là, đã có nhiều dự đoán về ngày tận thế, nhưng đến nay nhân loại vẫn tránh được điều này. Trở lại năm 1798, Thomas Malthus cảnh báo điều gì sẽ xảy ra khi dân số vượt quá nguồn cung lương thực. Mất mùa, khủng hoảng thực phẩm, chính quyền sụp đổ và chết đói hàng loạt có thể xảy ra cho đến khi một trạng thái cân bằng mới được

tìm thấy giữa dân số và tài nguyên. Vì nguồn cung lương thực chỉ mở rộng tuyến tính theo thời gian, trong khi dân số tăng theo cấp số nhân, dường như không thể tránh khỏi tại một thời điểm nào đó thế giới sẽ đạt đến điểm phá vỡ. Malthus dự đoán mất mùa hàng loạt xảy ra giữa những năm 1800.

Nhưng trong những năm 1800, dân số thế giới chỉ ở giai đoạn đầu của bùng nổ, và nhờ khám phá vùng đất mới, thiết lập thuộc địa, tăng nguồn cung cấp lương thực... những thảm họa mà Malthus dự đoán chưa bao giờ xảy ra.

Trong những năm 1960, Malthus đã đưa ra một dự đoán khác, cho biết một quả bom dân số sẽ sớm bùng nổ, với sự sụp đổ toàn cầu vào năm 2000. Dự đoán này vẫn sai. Cuộc cách mạng xanh đã mở rộng thành công nguồn cung lương thực. Các dữ liệu cho thấy sự gia tăng nguồn cung cấp lương thực vượt quá sự tăng trưởng dân số thế giới, do đó tạm thời đánh bại logic của Malthus. Từ năm 1950 đến năm 1984, sản lượng ngũ cốc tăng hơn 250%, chủ yếu do phân bón mới và công nghệ canh tác mới.

Một lần nữa, chúng ta đã thoát nạn. Nhưng giờ đây, bùng nổ dân số đang diễn ra ở cấp độ cao nhất, một số người cho rằng chúng ta đang tiến đến giới hạn khả năng tạo ra nguồn cung cấp lương thực trên Trái đất.

Đáng lo ngại, sản xuất lương thực đang chững lại, cả trong sản xuất ngũ cốc thế giới và nguồn thức ăn từ đại dương. Các nhà khoa học chính phủ Anh đã cảnh báo về một trận bùng nổ dân số và nguồn cung cấp thực phẩm và năng lượng giảm vào năm 2030. Tổ chức nông lương của Liên Hợp Quốc cho rằng thế giới sẽ phải sản xuất thêm 70% lương thực vào năm 2050 để nuôi thêm 2,3 tỷ người, nếu không phải đối mặt với thảm họa.

Những dự báo này có thể đánh giá thấp phạm vi thực sự của vấn đề. Với hàng trăm triệu người từ Trung Quốc và Ấn Độ bước vào tầng lớp trung lưu, họ sẽ muốn tận hưởng những thứ xa xỉ như trong các

bộ phim Hollywood – chẳng hạn như sở hữu hai chiếc xe, nhà ngoại ô rộng rãi, bánh mì kẹp thịt và khoai tây chiên... – và có thể làm cạn kiệt tài nguyên thế giới. Lester Brown, một trong những nhà môi trường hàng đầu và là người sáng lập Viện quan sát thế giới ở Washington, DC., đã tâm sự với tôi rằng thế giới có thể không chịu được sức căng của việc cung cấp lối sống trung lưu cho hàng trăm triệu người.

MỘT VÀI HY VỌNG CHO DÂN SỐ THẾ GIỚI

Tuy nhiên, có một số tia hy vọng. Kiểm soát sinh sản, từng là một chủ đề cấm kỵ, đã diễn ra ở các nước phát triển và đang xâm nhập vào các nước đang phát triển.

Ở châu Âu và Nhật Bản, có sự khủng hoảng dân số, nhưng không phải là bùng nổ dân số. Tỷ lệ sinh là từ 1,2 đến 1,4 trẻ em trên một hộ gia đình ở một số quốc gia châu Âu, thấp hơn nhiều so với mức thay thế 2,1. Nhật Bản đang bị ảnh hưởng bởi ba vấn đề cùng một lúc. Thứ nhất, Nhật Bản có dân số già nhất thế giới. Ví dụ, trong suốt 20 năm, phụ nữ Nhật có tuổi thọ cao nhất. Thứ hai, nước Nhật có tỷ lệ sinh giảm mạnh. Và ba, chính phủ giữ cho tỷ lệ nhập cư rất thấp. Ba lực lượng nhân khẩu học này đang tạo ra một con tàu từ từ đắm. Và châu Âu ở không xa phía sau.

Bài học rút ra ở đây là sự thịnh vượng chính là biện pháp tránh thai tuyệt vời nhất thế giới. Trong quá khứ, nông dân không có kế hoạch hưu trí hay an sinh xã hội đã cố gắng có càng nhiều con càng tốt để làm việc đồng áng và chăm sóc họ khi về già, làm một phép tính đơn giản: thêm một đứa trẻ trong gia đình có nghĩa thêm nhiều lao động hơn, thu nhập nhiều hơn, và nhiều người hơn để phụng dưỡng bạn lúc tuổi già. Nhưng khi một nông dân bước vào tầng lớp trung lưu, có chế độ hưu trí và lối sống thoải mái, phương trình sẽ lật ngược theo cách khác: mỗi đứa trẻ đều làm giảm thu nhập và chất lượng cuộc sống.

Ở các nước thứ ba, bạn có vấn đề ngược lại – dân số bùng nổ mạnh mẽ, với nhiều người dưới độ tuổi hai mươi. Ngay cả ở châu Á và

châu Phi cận Sahara nơi bùng nổ dân số được dự kiến là lớn nhất, tỷ lệ sinh đã giảm vì nhiều lý do.

Đầu tiên là vấn đề đô thị hóa nhanh chóng, khiến nông dân rời làng quê để thử vận may trong các siêu đô thị. Năm 1800, chỉ có 3% dân số sống ở các thành phố. Vào cuối thế kỷ 20, con số đó đã tăng lên 47% và dự kiến sẽ tăng cao hơn trong những thập kỷ tới. Chi phí nuôi con trong thành phố làm giảm đáng kể số lượng trẻ em trong một hộ gia đình. Với tiền thuê nhà, lương thực và chi phí quá cao, công nhân ở các khu ổ chuột của các siêu đô thị làm cùng một phép tính và kết luận mỗi đứa trẻ sinh ra làm giảm sự giàu có của họ.

Thứ hai, quá trình công nghiệp hóa ở các nước như Trung Quốc, Ấn Độ tạo ra một tầng lớp trung lưu muốn có ít con hơn, như ở các nước công nghiệp phương Tây. Và thứ ba, ngay cả ở các nước nghèo như Bangladesh, giáo dục phụ nữ đã tạo ra một nhóm phụ nữ muốn có ít con hơn. Nhờ chương trình giáo dục rộng rãi, tỷ lệ sinh ở Bangladesh đã giảm từ 7 xuống 2,7, mặc dù không có quá trình đô thị hóa hoặc công nghiệp hoá quy mô lớn.

Với tất cả các yếu tố này, Liên Hợp Quốc đã liên tục sửa đổi các số liệu về tăng trưởng dân số trong tương lai. Các ước tính có thể thay đổi, nhưng dân số thế giới có thể đạt chín tỷ vào năm 2040. Mặc dù dân số sẽ tiếp tục tăng, tốc độ tăng trưởng cuối cùng sẽ chậm và dừng lại. Nhìn lạc quan, dân số thế giới thậm chí có thể ổn định vào khoảng 11 tỷ vào năm 2100.

Thông thường, người ta có thể cho rằng con số này vượt quá sức chứa của Trái đất. Nhưng nó phụ thuộc vào cách định nghĩa sức chứa, vì có thể có một cuộc cách mạng xanh khác đang diễn ra.

Một giải pháp khả thi cho các vấn đề này là công nghệ sinh học. Ở châu Âu, các loại thực phẩm được chế biến sinh học đã mất uy tín, sự mất uy tín này có thể tồn tại trong toàn bộ thế hệ. Ngành công nghiệp công nghệ sinh học đồng thời đưa ra thị trường thuốc diệt cỏ cho nông dân cũng như cây trồng kháng thuốc diệt cỏ. Với ngành công

nghiệp công nghệ sinh học, điều này đồng nghĩa với tăng lợi nhuận, nhưng với người tiêu dùng lại có nghĩa là việc gia tăng chất độc trong thực phẩm, và thị trường nhanh chóng bị nổ tung.

Tuy nhiên, trong tương lai, các loại ngũ cốc như "siêu lúa" có thể xâm nhập thị trường, đó là các loại cây trồng được thiết kế đặc biệt để phát triển trong môi trường khô, khắc nghiệt và cằn cỗi. Trên cơ sở đạo đức, sẽ rất khó để phản đối các loại cây trồng an toàn và có thể nuôi sống hàng trăm triệu người.

HỒI SINH ĐỘNG VẬT TUYỆT CHỦNG

Nhưng các nhà khoa học khác không chỉ quan tâm đến việc kéo dài tuổi thọ của con người và gian lận cái chết. Họ quan tâm đến việc mang lại những sinh vật từ cõi chết.

Trong phim *Jurassic Park* (Công viên kỷ Jura), các nhà khoa học chiết xuất ADN từ khủng long, chèn nó vào trứng bò sát và hồi sinh khủng long. Mặc dù cho đến nay ADN có thể sử dụng từ khủng long chưa được tìm thấy, có những gợi ý trêu ngươi rằng giấc mơ này không hoàn toàn xa vời. Vào cuối thế kỷ này, vườn thú của chúng ta sẽ được bổ sung những sinh vật đã ngừng tồn tại trên Trái đất từ hàng ngàn năm trước.

Như đã đề cập, Robert Lanza đã thực hiện bước đột phá quan trọng đầu tiên bằng cách nhân bản vô tính một loài có nguy cơ bị tuyệt chủng. Ông thấy thật xấu hổ nếu để con bò quý hiếm này chết đi. Vì vậy, ông xem xét một khả năng khác: tạo ra một động vật nhân bản mới, cùng loài nhưng khác giới tính. Ở động vật có vú, giới tính của một sinh vật được xác định bởi nhiễm sắc thể X và Y. Bằng cách dò tìm những nhiễm sắc thể này, ông tự tin có thể sao chép một con vật khác từ xác chết này, chỉ có điều khác giới tính. Bằng cách này, các vườn thú trên toàn thế giới có thể thưởng lãm những loài đã tuyệt chủng từ lâu sinh con đẻ cái.

Tôi từng ăn tối với Richard Dawkins của Đại học Oxford và là tác giả của cuốn *The Selfish Gene* (Gen vị kỷ), người đã tiến thêm một bước xa hơn. Ông suy đoán một ngày nào đó chúng ta có thể hồi sinh một loạt các dạng sống không chỉ bị đe dọa mà còn bị tuyệt chủng từ lâu. Đầu tiên ông lưu ý cứ hai mươi bảy tháng, số lượng gen đã được giải trình tự tăng gấp đôi. Sau đó, ông tính toán trong những thập kỷ tới sẽ chỉ tốn 160 đô la để giải mã toàn bộ bộ gen của bất kỳ ai. Ông hình dung sẽ đến lúc các nhà sinh vật học mang theo một bộ dụng cụ nhỏ và trong vòng vài phút có thể giải trình tự toàn bộ hệ gen của bất kỳ dạng sống nào họ gặp.

Nhưng ông đi xa hơn và giả thuyết vào năm 2050, con người sẽ xây dựng được toàn bộ sinh vật chỉ từ hệ gen của chúng. Ông viết: "Tôi tin vào năm 2050, chúng ta sẽ đọc được ngôn ngữ [của cuộc sống]. Chúng ta sẽ nạp hệ gen của một con vật nào đó vào máy tính, qua đó tái tạo lại không chỉ hình dạng mà còn là thế giới chi tiết mà tổ tiên của chúng... từng sống, bao gồm động vật ăn thịt hoặc con mồi, ký sinh trùng hoặc vật chủ, nơi ở, thậm chí cả hy vọng và nỗi sợ hãi." Dẫn từ công trình của Sydney Brenner, Dawkins tin chúng ta có thể tái tạo hệ gen của "liên kết còn thiếu" giữa con người và loài vượn.

Đây sẽ là một bước đột phá thực sự đáng chú ý. Dựa vào các hóa thạch và bằng chứng ADN, con người đã tiến hóa từ loài khỉ cách đây khoảng sáu triệu năm.

Do ADN của người khác với tinh tinh chỉ 1,5% nên trong tương lai, chương trình máy tính có thể phân tích ADN của người và ADN của tinh tinh và sau đó toán học gần đúng ADN của tổ tiên chung đã sinh ra cả hai loài. Một khi hệ gen giả thuyết của tổ tiên chung được xây dựng lại về mặt toán học, một chương trình máy tính khác sẽ tái tạo hình ảnh này, cũng như các đặc tính của nó. Ông gọi đây là Dự án Hệ gen của Lucy, đặt tên theo hóa thạch nổi tiếng *Australopithecus*.

Ông thậm chí còn giả thuyết rằng một khi hệ gen của liên kết còn thiếu được tái tạo bằng chương trình máy tính, ta có thể thực sự tạo ra

ADN của sinh vật này, cấy nó vào trứng người, sau đó đưa trứng vào một người phụ nữ, rồi sinh ra tổ tiên của chúng ta.

Mặc dù vài năm trước đây, kịch bản này có thể đã bị bác bỏ như một sự phi lý nhưng một vài phát triển gần đây cho thấy đó không phải là một giấc mơ quá xa vời.

Đầu tiên, một số gen quan trọng tách chúng ta khỏi tinh tinh đang được phân tích chi tiết. Một ứng cử viên thú vị là gen ASPM, chịu trách nhiệm kiểm soát kích thước não. Kích thước não người đã tăng vài triệu năm trước, nhưng không rõ nguyên do. Khi gen này bị đột biến, nó gây ra bệnh đầu nhỏ, trong đó sọ nhỏ và não giảm 70%, khoảng kích thước của tổ tiên cổ xưa của chúng ta hàng triệu năm trước. Thật thú vị, ta có thể sử dụng máy tính để phân tích lịch sử của gen này. Các phân tích cho thấy nó đã biến đổi 15 lần trong năm đến sáu triệu năm qua, kể từ khi con người tách khỏi tinh tinh, trùng hợp với sự gia tăng kích thước bộ não. So với các anh em họ linh trưởng, gen này ở con người đã trải qua tốc độ thay đổi nhanh nhất.

Thú vị hơn nữa là vùng HAR1 của hệ gen, chỉ chứa 118 cặp bazơ. Năm 2004, người ta phát hiện ra rằng sự khác biệt quan trọng giữa tinh tinh và con người trong khu vực này chỉ là 18 cặp bazơ hay axit nucleic. Tinh tinh và gà tách ra 300 triệu năm trước, nhưng cặp bazơ của chúng trong vùng HAR1 chỉ khác nhau hai chữ cái. Điều này có nghĩa là khu vực HAR1 ổn định đáng kể trong suốt lịch sử tiến hóa, cho đến khi con người xuất hiện. Vì vậy, có lẽ các gen tạo ra con người được chứa ở đó.

Nhưng có một bước tiến ngoạn mục hơn nữa khiến đề xuất của Dawkins dường như khả thi. Toàn bộ hệ gen của người hàng xóm di truyền gần nhất chúng ta, loài Neanderthal đã tuyệt chủng, đã được giải trình tự. Có lẽ bằng cách phân tích máy tính hệ gen của con người, tinh tinh và người Neanderthal, ta có thể sử dụng toán học thuần túy để tái tạo hệ gen của liên kết còn thiếu.

HỒI SINH NGƯỜI NEANDERTHAL?

Con người và người Neanderthal có lẽ đã tách ra khoảng 300.000 năm trước. Nhưng những sinh vật này đã tuyệt chủng cách đây khoảng 30.000 năm ở châu Âu. Vì vậy, từ lâu người ta cho rằng không thể trích xuất ADN có thể sử dụng được từ người Neanderthal.

Nhưng vào năm 2009, một nhóm nghiên cứu do Svante Pääbo thuộc Viện Max Planck về Nhân chủng học tiến hóa ở Leipzig đã công bố "bản nháp" đầu tiên về toàn bộ hệ gen người Neanderthal, phân tích ADN từ sáu người Neanderthal. Đây là một thành tích vĩ đại. Như mong đợi, hệ gen Neanderthal rất giống hệ gen của con người, cả hai đều chứa ba tỷ cặp bazơ, nhưng cũng có những chi tiết chính khác nhau.

Nhà nhân chủng học Richard Klein của Stanford khi bình luận về công trình này của Pääbo và cộng sự, đã cho rằng việc tái thiết này có thể giải đáp những thắc mắc từ lâu về hành vi của người Neanderthal, chẳng hạn như liệu họ có thể nói chuyện hay không. Con người có hai thay đổi cụ thể trong gen FOXP2, cho phép chúng ta nói được hàng ngàn từ. Một phân tích chi tiết cho thấy người Neanderthal cũng có hai thay đổi di truyền trong gen FOXP2. Vì vậy, người Neanderthal có thể giao tiếp bằng lời theo cách tương tự như chúng ta.

Vì người Neanderthal là họ hàng di truyền gần nhất của chúng ta, nên họ là chủ đề được các nhà khoa học quan tâm. Một số người đã nâng cao khả năng một ngày nào đó tái tạo ADN của người Neanderthal và chèn nó vào một quả trứng, một ngày nào đó có thể trở thành một người Neanderthal sống. Sau đó, sau hàng ngàn năm, người Neanderthal có thể một ngày nào đó xuất hiện trên Trái đất.

George Church của Trường Y khoa Harvard thậm chí còn ước tính sẽ chỉ tốn 30 triệu đô la để hồi sinh người Neanderthal, thậm chí còn lên kế hoạch thực hiện điều này. Đầu tiên, người ta phân chia toàn bộ hệ gen người thành từng phần, mỗi phần chứa 100.000 cặp ADN.

Mỗi người sẽ được đưa vào một loại vi khuẩn và sau đó thay đổi gen để hệ gen phù hợp với người Neanderthal. Mỗi một đoạn ADN được thay đổi sau đó sẽ được tập hợp lại thành ADN Neanderthal hoàn chỉnh. Tế bào này sau đó sẽ được lập trình lại để trở về trạng thái phôi và sau đó được cấy vào tử cung của một con tinh tinh cái.

Tuy nhiên, Klein của Stanford đã nêu ra một số lo ngại hợp lý với câu hỏi: “Ông sẽ đặt họ ở Harvard hay trong vườn thú?”

Việc hồi sinh một loài tuyệt chủng như người Neanderthal “chắc chắn sẽ làm gia tăng những lo lắng về đạo đức,” Dawkins cảnh báo. Người Neanderthal có quyền không? Điều gì xảy ra nếu anh ta hoặc cô ấy muốn tìm kiếm bạn tình? Ai chịu trách nhiệm nếu người đó bị tổn thương hoặc làm tổn thương người khác?

Vì vậy, nếu người Neanderthal hồi sinh, các nhà khoa học cuối cùng có thể tạo ra một vườn thú cho các loài động vật đã tuyệt chủng, như voi ma mút hay không?

HỒI SINH VOI MA MÚT?

Ý tưởng này không hẳn là điên rồ như ta vẫn tưởng. Các nhà khoa học đã có thể giải trình tự phần lớn hệ gen của voi ma mút Siberia tuyệt chủng. Trước đây, người ta mới chỉ chiết xuất được những mảnh ADN nhỏ xíu từ voi ma mút lông xoăn đã bị đóng băng ở Siberia hàng chục nghìn năm trước. Webb Miller và Stephan C. Schuster của Đại học bang Pennsylvania đã làm điều không thể: trích xuất ba tỷ cặp bazơ ADN từ xác voi ma mút đóng băng. Trước đây, kỷ lục về giải trình tự ADN của một loài đã tuyệt chủng chỉ có 13 triệu cặp bazơ, ít hơn 1% hệ gen của động vật. (Bước đột phá này có thể được thực hiện nhờ máy giải trình tự mới, được gọi là thiết bị giải trình tự hàng loạt, cho phép quét hàng ngàn gen cùng một lúc, chứ không phải từng gen riêng lẻ.) Một mẹo khác là biết nơi tìm kiếm ADN cổ xưa. Miller và Schuster phát hiện ra nang lông chứ không phải cơ thể của voi ma mút lông xoăn chứa ADN tốt nhất.

Ý tưởng hồi sinh một loài động vật đã tuyệt chủng có thể khả thi về mặt sinh học. "Một năm trước, tôi có thể nói đây là khoa học viễn tưởng," Schuster nói. Nhưng hiện nay, với rất nhiều gen của voi ma mút được giải trình tự, điều này không còn quá xa vời. Ông thậm chí còn phác họa cách thức diễn ra. Ông ước tính chỉ cần 400.000 thay đổi trong ADN của một con voi châu Á để tạo ra một con vật có mọi đặc tính của voi ma mút lông xoăn. Có thể biến đổi gen ADN của voi để thích ứng với những thay đổi này, chèn nó vào nhân của trứng voi, và sau đó cấy trứng vào một con voi cái.

Nhóm nghiên cứu này đang tìm kiếm giải trình tự ADN của một loài động vật đã tuyệt chủng khác, hổ Tasmania, một loài có túi của Úc, có liên hệ chặt chẽ với loài quỷ Tasmania, đã tuyệt chủng vào năm 1936. Ngoài ra còn có một số bài nói về giải trình tự chim dodo. Câu thành ngữ "Xong đời chim dodo" có thể trở nên lỗi thời nếu các nhà khoa học trích xuất thành công ADN có thể sử dụng được từ mô mềm và xương của xác dodo tồn tại ở Oxford và các nơi khác.

CÔNG VIÊN KỶ JURA?

Các nghiên cứu này dẫn chúng ta đến câu hỏi ban đầu: Liệu có thể hồi sinh khủng long? Để trả lời trong một từ, có lẽ là không. Công viên kỷ Jura phụ thuộc vào việc có thể thu được ADN nguyên vẹn của một dạng sống đã chết hơn 65 triệu năm trước, và điều này có lẽ là không thể. Mặc dù mô mềm đã được tìm thấy trong xương đùi của hóa thạch khủng long, cho đến nay không có ADN nào được chiết xuất theo cách này, chỉ có protein. Mặc dù các protein này đã chứng minh về mặt hóa học mối quan hệ chặt chẽ giữa *Tyrannosaurus rex* và ếch, gà, nhưng viễn cảnh công bố hệ gen khủng long vẫn quá xa vời.

Tuy nhiên, Dawkins cho rằng có thể so sánh di truyền hệ gen của các loài chim khác nhau với các loài bò sát và sau đó tái tạo trình tự ADN của một "khủng long tổng quát" bằng toán học. Ông cho rằng có thể dùng mỏ gà để phát triển chồi răng (và dùng rắn để phát triển

chân). Do đó, các đặc điểm cổ xưa, từ lâu đã biến mất trong cát bụi thời gian, có thể còn rớt lại trong hệ gen.

Điều này là do các nhà sinh vật học nhận ra có thể bật hay tắt các gen. Có nghĩa là gen đặc trưng cho các đặc điểm cổ xưa vẫn có thể tồn tại nhưng đơn giản là không hoạt động. Bằng cách bật các gen từ lâu không hoạt động này, có thể tái tạo lại những đặc điểm cổ xưa.

Ví dụ, trong quá khứ cổ đại, chân gà đã từng có màng. Gen đặc trưng cho màng không biến mất mà chỉ bị tắt. Bằng cách bật gen này trở lại, về nguyên tắc có thể tạo ra gà với bàn chân có màng. Tương tự như vậy, cơ thể con người trước đây có nhiều lông. Tuy nhiên, lông dần mất đi khi con người bắt đầu đổ mồ hôi, đó là một cách rất hiệu quả để điều chỉnh nhiệt độ cơ thể. (Chó không có tuyến mồ hôi, và giảm nhiệt bằng cách thở hổn hển). Gen đặc trưng cho lông của con người dường như vẫn tồn tại nhưng đã bị tắt. Vì vậy, bằng cách bật gen này, có thể sinh ra những người mọc lông lá khắp cơ thể. (Một số người suy đoán rằng đây có thể là nguyên nhân của huyền thoại người sói.)

Nếu chúng ta giả định một số gen khủng long thực tế đã bị tắt hàng triệu năm nhưng vẫn tồn tại trong hệ gen của chim, thì có thể kích hoạt lại những gen không hoạt động từ lâu này và tạo ra đặc điểm khủng long ở chim. Vì vậy, ý tưởng của Dawkins dẫu mang tính suy đoán nhưng không phải hoàn toàn bất khả thi.

TẠO RA NHỮNG DẠNG SỐNG MỚI

Điều này đặt ra câu hỏi cuối cùng: liệu ta có thể tạo ra sự sống theo mong muốn của mình hay không? Có thể tạo ra động vật không những tuyệt chủng từ lâu mà còn cả động vật chưa từng tồn tại trước đây hay không? Ví dụ, chúng ta có thể tạo ra một con lợn có cánh hoặc một con vật được mô tả trong thần thoại? Ngay cả cho đến cuối thế kỷ này, khoa học sẽ không thể tạo ra động vật theo đặt hàng. Tuy nhiên, khoa học sẽ đi một chặng đường dài để có thể thay đổi thế giới động vật.

Cho đến nay, yếu tố hạn chế là khả năng di chuyển các gen xung quanh. Ta chỉ có thể thao tác đáng tin cậy với một gen duy nhất. Ví dụ, có thể tìm thấy gen phát sáng trong bóng tối ở một số động vật. Gen này có thể được phân lập, sau đó được đặt trong các động vật khác để chúng phát sáng trong bóng tối. Trên thực tế, nghiên cứu hiện đang diễn ra để sửa đổi thú cưng bằng cách bổ sung các gen đơn.

Nhưng tạo ra một con vật hoàn toàn mới, như một con chimera trong thần thoại Hy Lạp (là sự kết hợp của ba loài động vật khác nhau), đòi hỏi chuyển đổi hàng ngàn gen. Để tạo ra một con lợn có cánh, bạn sẽ phải chuyển hàng trăm gen đại diện cho cánh và đảm bảo tất cả các cơ, mạch máu khớp đúng cách. Điều này vượt xa mọi khả năng hiện nay.

Tuy nhiên, đã có nhiều phát hiện mở đường cho khả năng tương lai này. Các nhà sinh vật học đã ngạc nhiên khi thấy các gen mô tả cách bố trí cơ thể (từ đầu đến chân) được phản chiếu theo thứ tự chúng xuất hiện trong nhiễm sắc thể. Chúng được gọi là gen HOX, mô tả cách cơ thể được xây dựng. Rõ ràng, tự nhiên đã đi đường tắt, phản ánh thứ tự của các cơ quan trong cơ thể với trình tự như trong các nhiễm sắc thể. Điều này, đến lượt nó, đã thúc đẩy nhanh quá trình giải mã lịch sử tiến hóa gen.

Hơn nữa, dường như có những gen chủ chi phối đặc tính của nhiều gen khác. Bằng cách thao tác một số các gen chủ này, bạn có thể thao tác các thuộc tính của hàng tá gen khác.

Nhìn lại, chúng ta thấy rằng Mẹ Thiên Nhiên đã quyết định bố trí cơ thể theo cách mà một kiến trúc sư có thể tạo ra các bản thiết kế chi tiết. Bố trí hình học của bản thiết kế chi tiết giống như bố cục vật lý thực tế của tòa nhà. Ngoài ra, các bản thiết kế chi tiết có tính mô đun, trong đó các khối thiết kế phụ được chứa trong một bản thiết kế tổng thể duy nhất.

Ngoài việc tạo ra động vật lai hoàn toàn mới bằng cách khai thác tính mô đun của hệ gen, cũng có thể áp dụng cho con người, sử dụng

công nghệ sinh học để hồi sinh các nhân vật lịch sử. Lanza tin rằng chỉ cần chiết xuất được một tế bào nguyên vẹn từ một người chết từ lâu, thì có thể làm người này sống lại. Tu viện Westminster lưu giữ cẩn thận thi thể của các vị vua, hoàng hậu, cũng như các nhà thơ, nhân vật tôn giáo, chính trị gia và thậm chí cả các nhà khoa học như Isaac Newton. Một ngày nọ, Lanza tâm sự với tôi, có thể tìm thấy ADN nguyên vẹn trong cơ thể họ và hồi sinh họ.

Bộ phim *The Boys from Brazil* (Những chàng trai Brazil) xoay quanh việc hồi sinh Hitler. Tuy nhiên, không nên tin rằng có thể hồi sinh bất cứ thiên tài hay nhân vật lịch sử tai tiếng nào. Như một nhà sinh vật học đã lưu ý, nếu hồi sinh Hitler, bạn có thể chỉ nhận được một nghệ sĩ hạng hai (đó chính là Hitler trước khi nắm quyền Đức Quốc xã).

XÓA BỎ MỌI BỆNH DỊCH?

Bộ phim tiên tri *Things to Come* (Chuyện mai sau) dựa trên tiểu thuyết của H. G. Wells và dự đoán tương lai của nền văn minh, khi Thế chiến II mang đến một chu kỳ đau khổ và nghèo đói vô tận. Cuối cùng, mọi thành tựu của nhân loại đều trở thành đống đổ nát, dân chúng đói khổ dưới quyền của những phe phái quân sự. Nhưng ở phần cuối của bộ phim, một nhóm các nhà khoa học nhìn xa trông rộng, trang bị vũ khí siêu mạnh, bắt đầu khôi phục lại trật tự. Nền văn minh cuối cùng lại trỗi dậy từ đống tro tàn. Có một phân cảnh trong đó một đứa trẻ đang học về lịch sử tàn bạo của thế kỷ hai mươi và đến đoạn "cảm lạnh". Cảm lạnh là gì, cô bé hỏi? Cô bé nhận được câu trả lời rằng: cảm lạnh là thứ bệnh đã được xóa bỏ từ rất lâu.

Nhưng có lẽ là không.

Chữa khỏi mọi dịch bệnh từ lâu đã là một trong những mục tiêu lâu đời nhất của con người. Nhưng ngay cả vào năm 2100, các nhà khoa học vẫn chưa thể chữa mọi loại bệnh, vì bệnh tật đột biến nhanh hơn khả năng chúng ta chữa trị, và có quá nhiều bệnh. Đôi khi chúng

ta quên rằng mình đang sống trong một đại dương vi khuẩn và virus, tồn tại hàng tỷ năm trước khi con người bước trên bề mặt Trái đất, và sẽ tồn tại hàng tỷ năm sau khi *Homo sapiens* tuyệt diệt.

Nhiều bệnh ban đầu xuất phát từ động vật. Đây là một trong những cái giá phải trả cho việc thuần hóa động vật, bắt đầu từ khoảng 10.000 năm trước. Vì vậy, có một hồ lớn chứa các bệnh ẩn nấp trong động vật mà có lẽ sẽ tồn tại lâu hơn loài người. Thông thường, những bệnh này chỉ lây nhiễm cho một số ít người. Nhưng với sự gia tăng của các thành phố lớn, các bệnh truyền nhiễm này có thể lây lan nhanh chóng, đạt số lượng tới hạn và tạo ra đại dịch.

Ví dụ, khi phân tích chuỗi di truyền của virus cúm, các nhà khoa học đã rất ngạc nhiên khi tìm thấy nguồn gốc của nó: loài chim. Nhiều loài chim có thể mang các biến thể của virus cúm mà không hề hấn gì. Nhưng rồi lợn đôi khi đóng vai trò như bát trộn di truyền, sau khi ăn những con chim bị rơi. Và thêm nữa, nông dân thường sống gần cả hai loài này. Một số người cho rằng đây là nguyên nhân lý giải virus cúm thường xuất phát từ châu Á, do nông dân tham gia vào việc đa chăn nuôi, tức là sống gần với cả vịt và lợn.

Dịch cúm H1N1 gần đây chỉ là đợt đột biến cúm gia cầm và cúm heo gần đây nhất.

Một vấn đề là con người liên tục mở rộng sang môi trường mới, chặt phá rừng, xây dựng các vùng ngoại ô và nhà máy, và trong quá trình đó gặp phải các bệnh cũ ẩn nấp trong các loài động vật. Do dân số đang tiếp tục tăng nên dự đoán là sẽ tìm thấy nhiều điều bất ngờ đến từ các khu rừng.

Ví dụ, có bằng chứng di truyền khá rõ rằng HIV có nguồn gốc từ virus suy giảm miễn dịch ở khỉ (SIV), vốn gây bệnh ở khỉ nhưng sau đó lại truyền qua người. Tương tự như vậy, hantavirus ảnh hưởng đến người dân ở Tây Nam Phi khi họ lấn chiếm lãnh thổ của cầy thảo nguyên. Bệnh Lyme, lây lan chủ yếu do bọ chét, đã xâm chiếm vùng ngoại ô Đông Bắc Phi do người dân hiện đang xây nhà gần khu rừng

nơi bọ chét sống. Virus Ebola có thể ảnh hưởng đến các bộ lạc người cổ đại, nhưng đã lan rộng với sự xuất hiện của du lịch bằng máy bay và trở thành chủ đề nóng. Ngay cả bệnh Legionnaires cũng có thể là một bệnh cổ xưa sinh ra từ nước đọng, nhưng do sự gia tăng sử dụng máy điều hòa dẫn đến lây lan bệnh cho người già trên tàu du lịch.

Điều này có nghĩa sẽ có rất nhiều ngạc nhiên đang đến với những đợt sóng bệnh kỳ lạ mới thống trị các tít báo trong tương lai.

Thật không may, việc chữa trị các bệnh này có thể đến muộn.

Ví dụ, ngay cả cảm lạnh thông thường hiện không có cách chữa trị. Rất nhiều sản phẩm thuốc chỉ xử lý các triệu chứng, thay vì tiêu diệt virus. Vấn đề là có lẽ có hơn 300 biến thể của rhinovirus gây cảm lạnh thông thường, và đơn giản là quá đắt để tạo ra vắcxin cho tất cả 300 chủng virus này.

Tình hình HIV còn tồi tệ hơn nhiều, vì có thể có hàng ngàn chủng khác nhau. Trên thực tế, HIV đột biến nhanh đến mức ngay cả khi phát triển một loại vắcxin cho một chủng, virus sẽ sớm biến đổi. Tạo ra một vắcxin chống HIV giống như cố gắng bắt trúng mục tiêu di động.

Vì vậy, chúng ta rồi sẽ chữa trị được nhiều bệnh, nhưng luôn có một số căn bệnh lẩn tránh nền khoa học tiên tiến nhất.

THẾ GIỚI MỚI MỸ LỆ

Đến năm 2100, khi kiểm soát được số phận di truyền, chúng ta phải so sánh số phận của mình với xứ phản địa đàng (dystopia) trong cuốn tiểu thuyết tiên tri *Brave New World* (Thế giới mới mỹ lệ) của Aldous Huxley, mô tả loài người vào năm 2540. Cuốn sách gây chấn động toàn thế giới khi ra mắt vào năm 1932.

Tuy nhiên, hơn 75 năm sau, nhiều dự đoán của ông đã đúng. Huxley gây chấn động xã hội Anh khi viết về trẻ em thụ tinh trong ống nghiệm, khi giải trí và sinh sản sẽ được tách biệt, và khi ma túy trở

nên phổ biến, vậy mà ngày nay chúng ta sống trong một thế giới ở đó việc thụ tinh trong ống nghiệm và uống thuốc ngừa thai là điều hiển nhiên. (Dự báo duy nhất chưa thành hiện thực của ông là nhân bản vô tính người). Ông đã hình dung ra một thế giới phân cấp, nơi các bác sĩ cố tình sao chép phôi người bị hư hại não, lớn lên thành người hầu của giới tinh hoa cầm quyền. Tùy thuộc vào mức độ tổn thương não, họ có thể được xếp vào Alpha, người hoàn hảo và sinh ra để lãnh đạo, hay Epsilon, những nô lệ tinh thần chậm phát triển. Vì vậy, công nghệ, thay vì giải phóng nhân loại khỏi nghèo đói, thiếu hiểu biết và bệnh tật, đã trở thành một cơn ác mộng, dẫn đến sự ổn định nhân tạo sai lạc đổi lấy nô lệ hóa toàn cầu.

Mặc dù cuốn tiểu thuyết có nhiều dự báo chính xác, nhưng Huxley không lường trước được kỹ thuật di truyền. Nếu biết về công nghệ này, thì ông có thể lo lắng về một vấn đề khác: Liệu con người có bị chia thành nhiều mảnh, bởi cha mẹ không kiên định và chính quyền thủ đoạn can thiệp vào gen của con cái chúng ta? Phụ huynh đã khoác lên con cái mình những trang phục kỳ dị và đẩy chúng cạnh tranh trong các cuộc thi ngớ ngẩn, vậy tại sao không thay đổi gen để phù hợp với ý muốn của cha mẹ? Thật vậy, các bậc cha mẹ có lẽ được lập trình bởi quá trình tiến hóa nhằm mang lại mọi lợi ích cho thế hệ con cháu, vậy tại sao không thay đổi gen của chúng?

Như một ví dụ cơ bản về chuyện sai trái có thể xảy ra, hãy nghĩ đến siêu âm. Các bác sĩ vô tình đưa kỹ thuật siêu âm vào giúp người mang thai, nhưng lại dẫn đến một đại dịch phá thai nhi nữ, đặc biệt là ở các vùng nông thôn của Trung Quốc và Ấn Độ. Một nghiên cứu ở Bombay cho thấy 7.997 trong số 8.000 bào thai bị bỏ rơi là nữ. Ở Hàn Quốc, 65% trẻ em thứ ba chào đời là nam giới. Thế hệ trẻ em mà cha mẹ chọn phá thai dựa trên giới tính này sẽ sớm đến tuổi kết hôn, và sẽ không có trẻ em nữ trong số hàng triệu trẻ em. Điều này lần lượt có thể gây ra sự xáo trộn xã hội rất lớn. Những người nông dân chỉ muốn có con trai mang họ mình sẽ nhận ra họ không thể có cháu.

Và ở Mỹ lại diễn ra việc lạm dụng tràn lan hormone tăng trưởng ở người (HGH), thường được chào mời là một phương thuốc chữa bệnh lão hóa. Ban đầu, HGH được dự định để sửa chữa thiếu hụt hormone ở trẻ em quá thấp. Thay vào đó, HGH đã phát triển thành một ngành công nghiệp ngầm khổng lồ dựa trên dữ liệu liên quan đến lão hóa. Trên thực tế, Internet đã tạo ra một số lượng người lớn trở thành vật thí nghiệm cho các liệu pháp quan trọng.

Vì vậy, khi có cơ hội, con người sẽ thường xuyên sử dụng sai công nghệ và tạo ra một số lượng lớn các mối nguy hại. Điều gì sẽ xảy ra nếu họ nắm giữ kỹ thuật di truyền?

Trong trường hợp xấu nhất, chúng ta có thể gặp cơn ác mộng như H. G. Wells viết trong cuốn tiểu thuyết khoa học viễn tưởng kinh điển *The Time Machine* (Cỗ máy thời gian), khi loài người, trong năm 802701, chia thành hai chủng tộc riêng biệt. Ông viết: "Dần dần, sự thật đã cho tôi biết: rằng Con người không còn là một loài, mà đã phân chia thành hai loài động vật khác nhau: rằng những con cháu duyên dáng của chúng ta ở Thế giới Bên trên không phải là hậu duệ duy nhất của thế hệ chúng ta, mà ngay cả những loài tục tĩu, bẩn thỉu, ăn đêm, từng lóe lên trước mặt tôi, cũng là người thừa kế ở mọi lứa tuổi."

Để xem những biến thể khả dĩ của loài người, chỉ cần nhìn vào loài chó nhà. Mặc dù có hàng ngàn giống chó, tất cả đều có nguồn gốc từ loài sói xám *Canis lupus*, được thuần hóa khoảng 10.000 năm trước vào cuối kỷ Băng hà gần nhất. Qua nhân giống chọn lọc bởi bàn tay con người, ngày nay có quá nhiều giống chó với đủ mọi kích cỡ, hình dáng. Hình dáng cơ thể, tính khí, màu sắc và khả năng đã được thay đổi hoàn toàn nhờ nhân giống chọn lọc.

Vì tốc độ lão hóa của chó nhanh gấp bảy lần so với con người, chúng ta có thể ước tính khoảng 1.000 thế hệ chó đã tồn tại kể từ khi chúng tách khỏi chó sói. Nếu áp dụng cho con người, thì việc nhân giống có hệ thống có thể chia con người thành hàng ngàn giống chỉ trong 70.000 năm, mặc dù tất cả đều thuộc cùng một loài. Với kỹ

thuật di truyền, quá trình này có thể được phát triển mạnh mẽ đến một thế hệ duy nhất.

May mắn thay, có những lý do để tin rằng sự phân loài của loài người sẽ không xảy ra, ít nhất là trong thế kỷ tới. Trong quá trình tiến hóa, một loài duy nhất thường tách ra nếu nó tách biệt về mặt địa lý thành hai quần thể sinh sản riêng biệt. Ví dụ, điều này xảy ra ở Úc, nơi sự tách biệt thể chất của nhiều loài động vật đã dẫn đến sự tiến hóa của những động vật không thể tìm thấy ở nơi nào khác trên Trái đất, chẳng hạn các loài thú có túi như chuột túi. Ngược lại, các quần thể loài người lại có tính di động cao, không có sự tắc nghẽn tiến hóa và rất xen kẽ.

Như Gregory Stock của UCLA từng nói: "Ngày nay tiến hóa Darwin truyền thống hầu như không có sự thay đổi ở con người và có rất ít triển vọng thay đổi trong tương lai gần. Dân số quá đông và đan kết, còn áp lực chọn lọc thì quá cục bộ và tạm thời."

Ngoài ra Nguyên lý Người Thượng Cổ cũng có những hạn chế nhất định.

Như đã đề cập trước đó, con người thường từ chối những tiến bộ của công nghệ (ví dụ, văn phòng không cần giấy tờ) khi nó mâu thuẫn với bản chất con người, vốn tương đối không đổi trong 100.000 năm qua. Con người có thể không muốn tạo ra những đứa trẻ thiết kế, lệch khỏi các tiêu chuẩn và bị những người đi trước coi là kỳ dị. Điều này làm giảm cơ hội thành công của họ trong xã hội. Khoác lên mình đứa trẻ một bộ quần áo ngớ ngẩn là một chuyện, nhưng vĩnh viễn thay đổi di truyền của chúng là một điều hoàn toàn khác. (Trong một thị trường tự do, có lẽ sẽ có chỗ cho các gen lạ, nhưng sẽ không đáng kể, vì thị trường sẽ được thúc đẩy bởi nhu cầu tiêu dùng.) Nhiều khả năng, vào cuối thế kỷ, một cặp vợ chồng sẽ được trao thư viện gen để lựa chọn, chủ yếu là để loại bỏ các bệnh di truyền và một số để tăng cường di truyền. Tuy nhiên, sẽ có ít áp lực thị trường tài trợ cho việc nghiên cứu các gen kỳ lạ do nhu cầu không cao.

Nguy hiểm thực sự không xuất phát từ nhu cầu của người tiêu dùng mà là từ các chính phủ độc tài muốn sử dụng kỹ thuật di truyền cho mục đích riêng, chẳng hạn như nhân bản đội quân thiện chiến và biết phục tùng.

Một vấn đề khác nảy sinh trong tương lai xa, khi chúng ta có các thuộc địa không gian trên các hành tinh có trọng lực và điều kiện khí hậu khác với Trái đất. Tại thời điểm đó, có lẽ trong thế kỷ tiếp theo, việc nghĩ về kỹ thuật nhân giống loại người mới thích nghi được với các điều kiện trọng lực và khí quyển khác nhau sẽ trở thành hiện thực. Ví dụ, một giống người mới có thể tiêu thụ lượng oxy khác, thích nghi theo chiều dài một ngày khác, và có trọng lượng cơ thể và trao đổi chất khác. Nhưng du lịch vũ trụ sẽ rất đắt trong một thời gian dài. Vào cuối thế kỷ này, chúng ta có thể có một tiền đồn nhỏ trên Sao Hỏa, nhưng phần lớn con người vẫn sẽ ở trên Trái đất. Trong nhiều thập niên tới nhiều thế kỷ tới, du hành vũ trụ sẽ dành cho các phi hành gia, những người giàu có, và có thể là một số ít người định cư trong không gian.

Vì vậy, sự chia rẽ loài người thành các loài khác nhau trong không gian xung quanh Hệ Mặt trời và hơn thế nữa sẽ không xảy ra trong thế kỷ này, hoặc thậm chí là thế kỷ tiếp theo. Trong tương lai gần, trừ khi có những đột phá ấn tượng trong công nghệ vũ trụ, chúng ta phần lớn vẫn bị mắc kẹt trên Trái đất.

Cuối cùng, có một mối đe dọa khác con người phải đối mặt trước năm 2100: công nghệ này có thể được sử dụng có tính toán nhằm chống lại với loài người, dưới hình thức chiến tranh vi trùng thiết kế.

CHIẾN TRANH VI TRÙNG

Chiến tranh vi trùng cũng cổ xưa như Kinh Thánh. Các chiến binh cổ đại đã từng ném những cơ thể nhiễm bệnh vào thành trì kẻ thù hay đầu độc giếng bằng động vật mắc bệnh. Hay đưa quần áo nhiễm bệnh đậu mùa cho kẻ thù. Nhưng với công nghệ hiện đại, vi trùng có thể được lai tạo di truyền để quét sạch hàng triệu người.

Năm 1972, Mỹ và Liên Xô đã ký một hiệp ước lịch sử cấm sử dụng chiến tranh vi trùng cho mục đích tấn công. Tuy nhiên, công nghệ chế tạo sinh học ngày nay tiên tiến đến mức hiệp ước này trở nên vô nghĩa.

Đầu tiên, không có những thứ như công nghệ tấn công và phòng thủ khi nói đến nghiên cứu ADN. Thao tác các gen có thể được sử dụng cho một trong hai mục đích.

Thứ hai, kỹ thuật di truyền có thể tạo ra vũ khí vi trùng, những vi trùng được cố tình sửa đổi nhằm tăng tính hủy diệt hoặc khả năng lây lan vào môi trường. Người ta từng tin rằng chỉ có Mỹ và Nga sở hữu những lọ cuối cùng chứa bệnh đậu mùa, sát thủ kinh hoàng nhất trong lịch sử loài người. Năm 1992, một tay đào ngũ của Liên Xô tuyên bố người Nga đã chế tạo vũ khí đậu mùa và thực tế sản xuất lên đến hai mươi tấn. Sự tan rã của Liên Xô kéo theo một nỗi sợ hãi dai dẳng rằng một ngày nào đó, một nhóm khủng bố có thể trả tiền để tiếp cận với vũ khí bệnh đậu mùa.

Năm 2005, các nhà sinh vật học đã tái sinh thành công virus cúm Tây Ban Nha năm 1918, đã giết chết nhiều người hơn cả Thế chiến I. Đáng chú ý là họ có thể hồi sinh virus bằng cách phân tích một phụ nữ đã chết bị chôn vùi trong lớp băng vĩnh cửu ở Alaska, cũng như các mẫu lấy từ lính Mỹ trong thời gian bệnh dịch.

Các nhà khoa học sau đó đã công bố toàn bộ hệ gen của virus trên web, khiến nó trở nên nổi tiếng toàn cầu. Nhiều nhà khoa học cảm thấy khó chịu, khi một ngày ngay cả một sinh viên cũng có thể truy cập vào phòng thí nghiệm đại học và hồi sinh một trong những vũ khí giết người vĩ đại nhất trong lịch sử loài người.

Trong tương lai gần, việc công bố hệ gen của virus cúm Tây Ban Nha là một vận may cho các nhà khoa học, những người sau đó có thể kiểm tra các gen để giải một câu đố từ lâu: Làm thế nào một đột biến nhỏ lại gây ra thiệt hại khủng khiếp đến vậy cho toàn bộ dân số? Câu trả lời đã sớm được tìm thấy. Không giống như các chủng khác, virus

cúm Tây Ban Nha khiến hệ thống miễn dịch của cơ thể phản ứng quá mức, tiểu tiện không tự chủ cuối cùng giết chết bệnh nhân. Người bệnh bị ngập trong nước tiểu của mình theo đúng nghĩa đen. Khi hiểu cơ chế này, các gen gây ra hiệu ứng chết người này có thể được so sánh với các gen của cúm H1N1 và các loại virus khác. May mắn thay, không virus nào chứa gen gây chết người này. Hơn nữa, người ta thực sự có thể tính toán tiến trình một virus cúm Tây Ban Nha có thể đạt khả năng đáng báo động và virus cúm H1N1 vẫn còn cách khá xa.

Nhưng về lâu dài, có một giá phải trả. Mỗi năm, thao tác gen của các sinh vật sống ngày một dễ dàng hơn. Chi phí tiếp tục giảm mạnh và thông tin thì có sẵn trên Internet.

Trong vòng một vài thập kỷ, một số nhà khoa học tin có thể tạo ra máy tính cho phép tạo ra bất kỳ gen nào chỉ bằng cách gõ các thành phần mong muốn. Bằng cách gõ vào các ký hiệu A-T-C-G tạo nên một gen, máy tính sẽ tự động chiết và cắt ADN để tạo ra gen đó. Nếu vậy, có lẽ sẽ đến một ngày ngay cả học sinh trung học cũng có thể thực hiện các thao tác nâng cấp dạng sống.

Một kịch bản ác mộng là AIDS lây qua không khí. Ví dụ, các virus cảm lạnh có một số gen cho phép chúng tồn tại trong các giọt aerosol, do đó hắt hơi có thể lây nhiễm sang người khác. Hiện tại, virus AIDS khá dễ bị tổn thương khi tiếp xúc với môi trường. Nhưng nếu các gen virus cảm lạnh được cấy vào virus AIDS thì chúng có thể tồn tại bên ngoài cơ thể con người. Điều này sau đó có thể gây ra virus AIDS lây lan như cảm lạnh thông thường, do đó lây nhiễm cho một phần lớn loài người. Người ta cũng biết rằng virus và vi khuẩn trao đổi gen, do đó cũng có khả năng là AIDS và các virus cảm lạnh thông thường có thể trao đổi gen một cách tự nhiên, mặc dù điều này ít có khả năng xảy ra hơn.

Trong tương lai, một nhóm khủng bố hoặc quốc gia có thể vũ khí hóa AIDS. Điều duy nhất ngăn cản họ làm việc này là nếu virus được phân tán vào môi trường, chắc chắn rằng họ cũng sẽ chết.

Mối đe dọa này đã trở thành hiện thực ngay sau thảm kịch 11/9. Một kẻ nặc danh đã gửi các gói dữ liệu của một loại bột màu trắng chứa bào tử bệnh than đến các chính trị gia nổi tiếng trên khắp nước Mỹ. Phân tích bột màu trắng cẩn thận bằng kính hiển vi cho thấy các bào tử bệnh than đã được vũ khí hóa gây chết chóc và hủy diệt tối đa. Đột nhiên, cả nước ngập trong nỗi sợ hãi rằng một nhóm khủng bố đã tiếp cận với vũ khí sinh học tiên tiến. Mặc dù bệnh than được tìm thấy trong đất và trong môi trường, nhưng chỉ có người nào được đào tạo nâng cao và có ý định điên cuồng mới có thể tinh chiết và vũ khí hóa bệnh than để làm được điều này.

Ngay cả sau cuộc truy lùng lớn nhất trong lịch sử nước Mỹ, thủ phạm đã không bao giờ được tìm thấy, thậm chí cho đến tận ngày nay (mặc dù một nghi phạm hàng đầu gần đây đã tự sát). Vấn đề ở đây là ngay cả một cá nhân được đào tạo sinh học tiên tiến cũng có thể khủng bố cả một quốc gia.

Một yếu tố hạn chế giữ chiến tranh vi trùng trong kiểm soát là quyền lợi cá nhân. Trong Thế chiến I, hiệu quả của khí độc trên chiến trường thường lẫn lộn. Các điều kiện gió thường không thể dự đoán, vì vậy khí có thể thổi ngược trở lại. Giá trị quân sự của nó phần lớn là khủng bố tinh thần đối phương. Chưa một trận chiến quyết định nào có thể thắng bằng khí độc. Và ngay cả ở đỉnh điểm Chiến tranh Lạnh, cả hai bên đều biết rằng khí độc và vũ khí sinh học có thể có tác động khôn lường trên chiến trường, và có thể dễ dàng leo thang thành một cuộc đối đầu hạt nhân.

Tất cả các luận chứng được đề cập trong chương này, như chúng ta đã thấy, liên quan đến việc thao tác gen, protein và phân tử. Sau đó, câu hỏi tiếp theo tự nhiên nảy sinh: Chúng ta có thể thao tác từng nguyên tử tới đâu?

Các nguyên tắc vật lý, theo như tôi thấy, không hề mâu thuẫn với khả năng để tác động lên mọi vật theo từng nguyên tử một.

—RICHARD FEYNMAN, Nhà khoa học đoạt giải Nobel

Công nghệ nano đã cho ta công cụ để chơi với khối đồ chơi nhỏ nhất của thiên nhiên – nguyên tử và phân tử. Vạn vật được tạo ra từ chúng, và khả năng để tạo ra những thứ mới là vô hạn.

—HORST STORMER, Nhà khoa học đoạt giải Nobel

Thứ vô cùng nhỏ bé lại có vai trò vô cùng khổng lồ.

—LOUIS PASTEUR

4 CÔNG NGHỆ NANO *Vạn vật từ hư không?*

Sự thành thạo các công cụ là một thành tựu đỉnh cao phân biệt con người với động vật. Theo thần thoại Hy Lạp và La Mã, quá trình này bắt đầu khi Prometheus, vì thương cảm con người nên đã lấy trộm món quà quý giá là lửa từ lò rèn của Vulcan. Nhưng hành vi trộm cắp này khiến các vị thần giận dữ. Để trừng phạt nhân loại, Zeus nghĩ ra một mẹo. Zeus yêu cầu Vulcan rèn một chiếc hộp và một người phụ nữ xinh đẹp bằng kim loại. Vulcan đã tạo ra bức tượng này, gọi là Pandora, sau đó ban sự sống vào nàng và dặn không bao giờ được mở hộp. Bởi tò mò, một ngày kia, nàng mở hộp và tung ra mọi sự hỗn loạn, bi kịch và đau khổ khắp thế gian, chỉ còn hy vọng trong hộp.

Vì vậy, từ lò thần linh của Vulcan rèn nên cả những giấc mơ và nỗi khổ của loài người. Ngày nay, chúng ta đang thiết kế các máy tính cách mạng mới là những công cụ căn bản, được rèn từ các nguyên tử riêng lẻ. Nhưng liệu chúng sẽ nhen nhóm ngọn lửa của sự giác ngộ và kiến thức hay luồng hỗn loạn?

Trong suốt lịch sử loài người, sự thành thạo các công cụ đã quyết định số phận của chúng ta. Khi mũi tên và cung tên được hoàn thiện hàng ngàn năm trước, giúp con người có thể bắn xa hơn ném bằng tay không, tăng hiệu quả săn bắn và tăng nguồn cung cấp thực phẩm. Khi luyện kim được phát minh cách đây khoảng 7.000 năm, giúp con người thay thế những túp lều bằng bùn rơm và cuối cùng tạo ra những tòa nhà lớn vươn lên trên Trái đất. Không lâu sau, các đế chế bắt đầu vươn lên từ rừng và sa mạc, được xây dựng bởi các công cụ được rèn từ kim loại.

Và ngày nay con người đang tiến đến làm chủ một loại công cụ khác, mạnh mẽ hơn nhiều so với mọi công cụ trước đây. Lần này, chúng ta sẽ có thể tự nắm vững các nguyên tử tạo ra vạn vật. Trong thế kỷ này, chúng ta có thể sở hữu công cụ quan trọng nhất chưa từng có – công nghệ nano cho phép thao tác trên các nguyên tử riêng lẻ. Điều này có thể mở ra một cuộc cách mạng công nghiệp thứ hai, khi sản xuất phân tử tạo ra những vật liệu mới mà con người chỉ có thể mơ ước ngày nay, siêu cường, siêu nhẹ, với các tính chất điện và từ tuyệt vời.

Nhà khoa học đoạt giải Nobel Richard Smalley từng nói: "Giấc mơ vĩ đại nhất của công nghệ nano là tạo ra vạn vật với khối cơ bản là các nguyên tử." Theo Philip Kuekes của Hewlett-Packard: "Cuối cùng, mục tiêu không chỉ là làm cho máy tính có kích thước nhỏ như hạt bụi. Chúng ta cần tạo ra các máy tính đơn giản có kích thước vi khuẩn. Sau đó, bạn có thể thu nhỏ một thiết bị mạnh như máy tính để bàn hiện tại chỉ nhỏ như hạt bụi."

Đây không chỉ là niềm hy vọng của những người tiên đoán mộng mơ. Chính phủ Mỹ coi trọng nó. Năm 2009, vì tiềm năng to lớn của công nghệ nano trong các ứng dụng y tế, công nghiệp, hàng không và thương mại, chương trình Sáng kiến Công nghệ Nano Quốc gia đã phân bổ 1,5 tỷ đô la cho nghiên cứu. Báo cáo công nghệ nano của Quỹ khoa học quốc gia cho biết: "Công nghệ nano có tiềm năng tăng cường hiệu suất của con người, giúp khai thác bền vững vật liệu, nước, năng

lượng và thực phẩm, bảo vệ chống lại vi khuẩn và virus chưa được biết đến..."

Cuối cùng, nền kinh tế thế giới và số phận của các quốc gia có thể phụ thuộc vào công nghệ này. Khoảng năm 2020 hoặc ngay sau đó, định luật Moore sẽ bắt đầu chững lại và có thể sụp đổ. Nền kinh tế thế giới có thể rơi vào hỗn loạn, trừ khi các nhà vật lý tìm được cách thay thế các bóng bán dẫn silic sao cho phù hợp để vận hành máy tính. Giải pháp cho vấn đề có thể đến từ công nghệ nano.

Vào cuối thế kỷ này, công nghệ nano cũng có thể tạo ra một cỗ máy mà chỉ các vị thần mới vận hành nổi, một cỗ máy có thể tạo ra vạn vật gần như từ hư không.

THẾ GIỚI LƯỢNG TỬ

Người đầu tiên tạo sự chú ý đến lĩnh vực vật lý mới này là nhà khoa học đoạt giải Nobel Richard Feynman, ông đã hỏi một câu đơn giản: Bạn có thể tạo ra một cỗ máy nhỏ đến cỡ nào? Đây không phải là một câu hỏi học thuật. Máy vi tính càng ngày càng nhỏ hơn, thay đổi bộ mặt của ngành công nghiệp, do đó, rõ ràng đáp án cho câu hỏi này có thể tác động rất lớn đến nền kinh tế và xã hội.

Trong buổi chia sẻ dự báo tương lai vào năm 1959 cho Hội vật lý Mỹ có tựa đề "Còn những khoảng trống ở cấp vi mô", Feynman phát biểu: "Về nguyên tắc, thật thú vị khi một nhà vật lý có thể (theo tôi nghĩ) tổng hợp bất kỳ hóa chất nào mà một nhà hóa học đưa ra. Chỉ cần đưa ra yêu cầu và các nhà vật lý sẽ tổng hợp. Làm thế nào? Đặt các nguyên tử lại với nhau và tạo ra chất mới." Feynman kết luận rằng có thể tạo ra máy móc từ các nguyên tử riêng lẻ, nhưng các định luật vật lý mới sẽ làm cho khả năng này trở nên khó khăn, dẫu vậy không phải là không thể.

Vì vậy, cuối cùng, nền kinh tế thế giới và số phận của các quốc gia có thể phụ thuộc vào các nguyên tắc kỳ quái và phản trực giác của lý

thuyết lượng tử. Thông thường, ta cho rằng các định luật vật lý không đổi khi dịch chuyển xuống quy mô nhỏ hơn. Nhưng điều này là không đúng. Trong các bộ phim như *Honey, I Shrunk the Kids* (Em yêu, anh đã thu nhỏ các con) và *The Incredible Shrinking Man* (Siêu nhân bị thu nhỏ), chúng ta có ấn tượng sai lầm rằng những người thu nhỏ cũng sẽ tuân theo các định luật vật lý giống như người bình thường. Ví dụ, một cảnh trong phim Disney, các anh hùng bị thu nhỏ cưỡi trên một con kiến giữa cơn mưa bão. Hạt mưa rơi xuống đất và tạo ra những vũng nước nhỏ, giống như trong thế giới của chúng ta. Nhưng trên thực tế, hạt mưa có thể lớn hơn kiến. Vì vậy, khi con kiến gặp một giọt mưa, nó sẽ thấy một bán cầu nước khổng lồ. Bán cầu nước không vỡ do sức căng bề mặt có tác dụng như một mạng lưới giữ nguyên hình giọt nước. Trong thế giới của chúng ta, sức căng bề mặt của nước khá nhỏ, vì vậy chúng ta không nhận thấy nó. Nhưng với kích thước của một con kiến, sức căng bề mặt là tương đối lớn, do đó, mưa tạo thành một chuỗi các giọt nước.

(Hơn nữa, nếu cố gắng phóng to con kiến để nó có kích thước như một ngôi nhà, bạn sẽ gặp phải một vấn đề khác: chân của nó sẽ gãy. Khi tăng kích thước con kiến, trọng lượng sẽ tăng nhanh hơn nhiều so với sức chịu đựng của đôi chân. Nếu tăng kích thước của một con kiến 10 lần, thì thể tích tăng 10 × 10 × 10 = 1.000 lần và khối lượng cũng tăng tương ứng, nhưng sức mạnh của nó liên quan đến độ dày của các cơ, chỉ mạnh hơn 10 × 10 = 100 lần, do đó, con kiến khổng lồ yếu hơn 10 lần so với kiến thường, điều này cũng có nghĩa là King Kong, thay vì khủng bố thành phố New York, sẽ sụp đổ nếu cố gắng leo lên Tòa nhà Empire State.)

Feynman cho rằng các lực tương tác khác cũng thống trị ở quy mô nguyên tử, chẳng hạn như liên kết hydro và lực van der Waals, gây ra bởi các lực điện nhỏ tồn tại giữa các nguyên tử và phân tử. Đây cũng là các lực chi phối nhiều tính chất vật lý của vật chất.

(Để hình dung điều này, hãy xem xét vấn đề đơn giản là tại sao vùng Đông Bắc Mỹ lại có nhiều ổ gà trên đường cao tốc. Mỗi mùa

đông, nước thấm vào các vết nứt nhỏ trên mặt nhựa đường; nước nở ra khi đóng băng, khiến nhựa đường sụp xuống và tạo ra ổ gà. Nhưng cho rằng nước nở ra khi đóng băng là điều dường như phi lý. Nước sẽ nở ra do liên kết hydro, phân tử nước có hình dạng giống như chữ V, với nguyên tử oxy ở gốc. Phân tử nước có điện tích âm ở đáy và điện tích dương ở đỉnh. Do đó, khi nước đóng băng và các phân tử nước chồng chất, chúng sẽ giãn nở, tạo thành một mạng băng đều đặn với nhiều khoảng trống giữa các phân tử. Các phân tử nước được sắp xếp thành hình lục giác. Do đó nước nở ra khi đóng băng do có nhiều không gian hơn giữa các nguyên tử trong hình lục giác. Đây cũng là lý do bông tuyết có sáu cạnh, và giải thích lý do nước đá nổi trên mặt nước, trong khi đáng lý ra nó phải chìm xuống.)

ĐI XUYÊN TƯỜNG

Ngoài sức căng bề mặt, liên kết hydro và lực van der Waals, cũng có những hiệu ứng lượng tử kỳ lạ ở quy mô nguyên tử. Thông thường, chúng ta không thấy tác động của lực lượng tử trong cuộc sống hằng ngày. Nhưng lực lượng tử ở khắp mọi nơi. Ví dụ, do các nguyên tử phần lớn là trống rỗng, đáng lẽ chúng ta có thể đi xuyên tường. Giữa hạt nhân ở trung tâm của nguyên tử và vỏ electron là chân không. Nếu nguyên tử có kích thước của một sân bóng đá sẽ trống rỗng, vì hạt nhân có kích thước xấp xỉ một hạt cát.

(Có thể tạo hứng thú cho sinh viên bằng những ví dụ thực nghiệm đơn giản. Hãy thử lấy một ống đếm Geiger để trước mặt một sinh viên và đặt một viên phóng xạ vô hại phía sau. Sinh viên sẽ giật mình khi thấy một số hạt đã đi qua cơ thể và kích hoạt ống đếm Geiger, cứ như cơ thể cậu ta gần như trống rỗng, mà thực ra đúng là vậy.)

Nhưng nếu cơ thể con người phần lớn trống rỗng, vậy thì tại sao chúng ta không thể đi xuyên tường? Trong bộ phim *Ghost* (Hồn ma), nhân vật của Patrick Swayze bị một đối thủ giết chết và trở thành ma. Anh thất vọng mỗi khi cố gắng chạm vào vị hôn thê cũ, do Demi

Moore thủ vai. Bàn tay anh xuyên qua vật chất thông thường; anh thấy mình không có chất liệu và chỉ có thể xuyên qua các vật rắn. Có một cảnh, anh thò đầu vào đường tàu điện ngầm đang chạy. Con tàu cứ thế lao đi nhưng anh không có cảm giác gì. (Bộ phim không giải thích tại sao trọng lực không kéo anh xuống sàn để rơi về phía tâm Trái đất. Nhưng rõ ràng, bóng ma có thể đi qua bất cứ thứ gì, trừ sàn nhà.)

Vậy tại sao chúng ta không thể xuyên qua những vật rắn như những hồn ma? Đáp án nằm trong một hiện tượng lượng tử thú vị. Nguyên lý loại trừ Pauli nói rằng không có hai electron nào tồn tại trong cùng một trạng thái lượng tử. Do đó khi hai electron gần như giống hệt nhau quá gần nhau, chúng đẩy nhau. Đó là lý do đồ vật trông như một khối rắn, thực ra là một ảo ảnh. Thực tế vật chất về cơ bản là trống rỗng.

Khi ngồi trên ghế, chúng ta nghĩ mình đang chạm vào nó. Thực ra, chúng ta đang lơ lửng trên ghế, trôi nổi chưa đến một nanomet trên đó, do bị lực điện và lực lượng tử của ghế đẩy ngược. Có nghĩa là bất cứ khi nào "chạm vào" thứ gì, chúng ta không tạo ra sự tiếp xúc trực tiếp nào cả nhưng được phân tách bởi các lực nguyên tử nhỏ xíu này. (Cũng có nghĩa nếu trung hòa được nguyên lý loại trừ, thì chúng ta có thể đi xuyên tường. Tuy nhiên, không ai biết cách làm điều này.)

Lý thuyết lượng tử không chỉ giữ nguyên tử khỏi va vào nhau mà còn liên kết chúng với nhau thành các phân tử. Hãy tưởng tượng một nguyên tử giống như một Hệ Mặt trời nhỏ, với các hành tinh xoay quanh Mặt trời. Bây giờ, nếu hai hệ mặt trời như vậy va chạm, thì các hành tinh sẽ va vào nhau hoặc bay ra theo mọi hướng, khiến cho Hệ Mặt trời sụp đổ. Hệ Mặt trời không bao giờ ổn định khi chúng va chạm với một hệ mặt trời khác, do đó, các nguyên tử về lý sẽ sụp đổ khi chúng va vào nhau.

Trên thực tế, khi hai nguyên tử ở rất gần nhau, chúng sẽ đẩy nhau hoặc kết hợp với nhau để tạo thành một phân tử bền vững. Các nguyên tử có thể tạo thành các phân tử bền vững thông qua chia sẻ electron

giữa hai nguyên tử. Thông thường, ý tưởng về chia sẻ một electron giữa hai nguyên tử là phi lý. Điều này là không thể nếu electron tuân theo các định luật Newton thông thường. Nhưng do nguyên lý bất định Heisenberg, bạn không biết chính xác vị trí của electron. Thay vào đó, nó dính kết hai nguyên tử, giữ chúng lại với nhau.

Nói cách khác, nếu bỏ qua lý thuyết lượng tử, thì các phân tử trong cơ thể bạn sẽ rời ra khi va vào nhau và bạn sẽ tan thành một đám hạt khí. Vì vậy, lý thuyết lượng tử giải thích tại sao các nguyên tử có thể liên kết với nhau để hình thành chất rắn, thay vì tan rã.

(Đây cũng là lý do bạn không thể có thế giới trong thế giới. Một số người tưởng tượng Hệ Mặt trời hay thiên hà của chúng ta có thể chỉ là một nguyên tử trong một vũ trụ khổng lồ nào đó. Trong cảnh cuối phim *Men in Black* (Đặc vụ áo đen), toàn bộ vũ trụ chỉ là một nguyên tử trong trò chơi bắn bi của người ngoài hành tinh, nhưng theo vật lý, điều này không thể xảy ra, vì các định luật vật lý thay đổi khi chúng ta thay đổi quy mô. Các định luật chi phối nguyên tử sẽ rất khác so với định luật chi phối các thiên hà.)

Một số nguyên tắc khó hiểu của thuyết lượng tử là:

- bạn không thể biết chính xác vận tốc và vị trí của bất kỳ hạt nào – luôn có sự bất định
- các hạt có thể theo một nghĩa nào đó ở hai nơi cùng một lúc
- tất cả các hạt tồn tại dưới dạng hỗn hợp của các trạng thái khác nhau đồng thời; ví dụ, các hạt quay có thể là hỗn hợp của các hạt có trục quay cả lên và xuống đồng thời
- bạn có thể biến mất và xuất hiện lại ở một nơi khác

Tất cả những phát biểu này nghe có vẻ thật lố bịch. Trên thực tế, Einstein đã từng nói, "lý thuyết lượng tử càng thành công, thì nó càng trông thật ngớ ngẩn." Không ai biết được những định luật kỳ quái này đến từ đâu. Chúng chỉ đơn giản là đưa ra thành định đề, không có lời giải thích. Lý thuyết lượng tử chỉ có một thứ: sự chính xác. Độ chính

xác của lý thuyết này đã được đo đến một phần mười tỷ, làm cho nó trở thành lý thuyết vật lý thành công nhất mọi thời đại.

Lý do chúng ta không thấy những hiện tượng đáng kinh ngạc này trong cuộc sống hằng ngày là do chúng ta bao gồm hàng nghìn tỷ tỷ tỷ nguyên tử, và theo một cách nào đó, những hiệu ứng này tự dung hòa.

DI CHUYỂN TỪNG NGUYÊN TỬ

Richard Feynman mơ ước một ngày mà nhà vật lý có thể sản xuất bất kỳ phân tử, nguyên tử nào. Điều đó dường như không thể vào năm 1959, nhưng một phần của giấc mơ đó giờ đã trở thành hiện thực.

Tôi đã có cơ hội chứng kiến tận mắt điều này, khi đến thăm Trung tâm Nghiên cứu Almaden của IBM ở San Jose, California. Tôi quan sát một dụng cụ đáng chú ý, kính hiển vi quét đường hầm, cho phép các nhà khoa học xem và thao tác các nguyên tử riêng lẻ. Thiết bị này được phát minh bởi Gerd Binnig và Heinrich Rohrer của IBM, giúp họ đoạt giải Nobel năm 1986. (Tôi nhớ hồi còn nhỏ đã được các thầy cô giáo dạy rằng chúng ta sẽ không bao giờ nhìn thấy các nguyên tử. Sau đó, tôi đã quyết định trở thành một nhà khoa học nguyên tử và dành suốt phần đời còn lại sẽ nghiên cứu về thứ không thể quan sát trực tiếp. Nhưng ngày nay, chúng ta không những có thể nhìn thấy các nguyên tử, mà còn có thể thao tác với chúng, nhờ sử dụng nhíp nguyên tử.)

Kính hiển vi quét đường hầm lượng tử thực ra không phải là kính hiển vi. Nó giống như một máy hát cũ. Một cây kim nhỏ (với đầu kim có kích thước một nguyên tử) đi chậm trên vật liệu được phân tích. Một dòng điện nhỏ di chuyển từ kim, qua vật liệu, đến đáy của thiết bị. Khi kim đi qua, dòng điện thay đổi một chút mỗi khi nó đi qua một nguyên tử. Sau nhiều lần đi qua, máy in ra hình ảnh tuyệt đẹp của chính nguyên tử. Sử dụng một cây kim giống hệt như vậy, kính hiển vi sau đó có khả năng không chỉ ghi lại các nguyên tử này mà còn di chuyển chúng xung quanh. Bằng cách này, người ta có thể viết ra các

chữ cái, chẳng hạn như chữ viết tắt IBM, và trên thực tế, có thể thiết kế ngay cả các máy móc thô sơ cấu tạo từ các nguyên tử.

(Một phát minh gần đây là kính hiển vi lực nguyên tử, có thể cho chúng ta hình ảnh 3-D tuyệt đẹp của các mảng nguyên tử. Kính hiển vi lực nguyên tử cũng sử dụng kim với đầu rất nhỏ, nhưng kèm theo chiếu tia laser vào nó. Khi đi qua vật liệu cần phân tích, kim rung nhẹ, và chuyển động này được ghi lại bằng hình ảnh thu từ chùm tia laser.)

Tôi nhận ra việc di chuyển các nguyên tử riêng lẻ xung quanh khá đơn giản. Tôi ngồi trước màn hình máy tính, nhìn vào một loạt các quả cầu màu trắng, giống như một quả bóng Ping-Pong đường kính khoảng 2,5 cm. Trên thực tế, mỗi quả bóng là một nguyên tử riêng lẻ. Tôi đặt con trỏ lên một nguyên tử và sau đó di chuyển con trỏ đến vị trí khác. Tôi ấn nút rồi kích hoạt kim để di chuyển nguyên tử. Kính hiển vi quét vật chất. Màn hình thay đổi, cho thấy quả bóng đã di chuyển đến chính xác nơi tôi muốn.

Toàn bộ quá trình chỉ mất một phút để di chuyển từng nguyên tử đến bất kỳ vị trí nào tôi muốn. Trên thực tế, trong khoảng ba mươi phút, tôi thấy mình có thể thực sự viết ra một số chữ cái trên màn hình nhờ các nguyên tử riêng lẻ. Trong một giờ, tôi có thể tạo ra các họa tiết phức tạp khoảng mười nguyên tử trở lên.

Tôi phải mất một lúc mới hồi phục sau cú sốc rằng có thể di chuyển từng nguyên tử, điều từng được cho là không thể.

MEMS (HỆ VI CƠ ĐIỆN TỬ) VÀ HẠT NANO

Mặc dù vẫn còn trong giai đoạn trứng nước, nhưng công nghệ nano đã tạo ra sự bùng nổ trong ngành công nghiệp mạ hóa học. Bằng cách phun các lớp hóa chất có độ dày một vài phân tử lên một sản phẩm thương mại, người ta có thể khiến nó có kháng gỉ hoặc thay đổi tính chất quang học. Các ứng dụng thương mại khác ngày nay là quần áo chống bẩn, màn hình máy tính cấp cao, công cụ cắt kim loại mạnh

hơn và lớp phủ chống trầy xước. Trong những năm tới, ngày càng có nhiều sản phẩm thương mại mới bán trên thị trường có lớp phủ hiển vi để cải thiện hiệu suất của chúng.

Nhìn chung, công nghệ nano vẫn còn là một ngành khoa học non trẻ. Nhưng một khía cạnh của công nghệ nano hiện đang bắt đầu ảnh hưởng đến cuộc sống và đã phát triển thành một ngành công nghiệp toàn cầu trị giá 40 tỷ đô la – hệ vi cơ điện tử (MEMS) – bao gồm mọi thứ từ hộp mực, cảm biến túi khí, màn hình tới con quay hồi chuyển xe hơi và máy bay. MEMS là những cỗ máy nhỏ đến mức chỉ bằng đầu kim. Chúng được tạo ra bằng một công nghệ khắc trong ngành máy tính. Thay vì khắc các bóng bán dẫn, các kỹ sư khắc các thành phần cơ khí nhỏ xíu, tạo các bộ phận máy rất nhỏ, cần đến một kính hiển vi để nhìn thấy chúng.

Các nhà khoa học đã tạo ra một bàn tính quy mô nguyên tử, thiết bị tính toán đáng ngưỡng mộ của người châu Á, bao gồm một số thanh gióng có xâu các hạt gỗ. Năm 2000, các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Zurich của IBM đã tạo ra một phiên bản bàn tính nguyên tử bằng cách thao tác với các nguyên tử riêng lẻ trên kính hiển vi quét. Thay vì các hạt gỗ trượt dọc trên thanh gióng, bàn tính nguyên tử sử dụng bóng bucky (buckyball), là nguyên tử cacbon được sắp xếp để tạo thành một phân tử có hình dạng giống như quả bóng đá, nhỏ hơn 5.000 lần so với chiều rộng của tóc người.

Tại Cornell, các nhà khoa học thậm chí còn tạo ra một cây guitar nguyên tử. Nó có sáu dây, mỗi dây chỉ rộng 100 nguyên tử. Nếu được xếp thành hàng, hai mươi chiếc guitar này có thể đặt vừa bên trong một sợi tóc con người. Cây đàn guitar này là có thật, với những sợi dây thật có thể gảy (mặc dù tần số của cây guitar nguyên tử này quá cao để tai người có thể nghe được).

Nhưng ứng dụng thực tế phổ biến nhất của công nghệ này là trong túi khí, có chứa các máy đo gia tốc MEM nhỏ xíu có thể đo được sự phanh xe đột ngột. Máy đo gia tốc MEM bao gồm một quả bóng cỡ

mirco được gắn vào một lò xo hoặc đòn bẩy. Khi bạn phanh đột ngột, sự giảm tốc đột ngột làm rung chuyển quả bóng, chuyển động của nó tạo ra một điện tích nhỏ. Điện tích này sau đó kích hoạt một vụ nổ hóa học giải phóng một lượng lớn khí nitơ trong vòng 1/25 giây. Công nghệ này đã cứu sống hàng ngàn người.

TƯƠNG LAI GẦN (HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

CÁC CỖ MÁY NANO TRONG CƠ THỂ

Trong tương lai gần, chúng ta sẽ có một loạt các loại thiết bị nano mới có thể cách mạng hóa y học, chẳng hạn như máy nano chạy trong mạch máu. Trong bộ phim *Fantastic Voyage* (Chuyến du hành tuyệt vời), một nhóm các nhà khoa học và con tàu của họ được thu nhỏ lại thành kích thước của một tế bào hồng cầu. Sau đó họ bắt đầu chuyến đi qua mạch máu và não của một bệnh nhân, gặp phải một loạt các mối nguy hiểm đau đớn trong cơ thể. Một mục tiêu của công nghệ nano là tạo ra các thợ săn phân tử có khả năng đi tìm các tế bào ung thư và tiêu diệt hết chúng, giữ nguyên vẹn các tế bào bình thường. Các nhà văn khoa học viễn tưởng từ lâu đã mơ về con tàu tìm-và-diệt có kích thước phân tử trôi nổi trong máu, liên tục tìm kiếm các tế bào ung thư. Nhưng các nhà phê bình đã từng coi điều này là không thể, một giấc mơ hão huyền của các nhà văn viễn tưởng.

Một phần của giấc mơ này đang được hiện thực hóa ngày nay. Năm 1992, Jerome Schentag của trường Đại học Buffalo phát minh ra viên thuốc thông minh, như đã đề cập ở chương trước, là một dụng cụ nhỏ có kích thước của một viên thuốc mà bạn có thể nuốt vào và được theo dõi bằng điện tử. Sau đó nó có thể được điều khiển để dẫn thuốc đến vị trí thích hợp. Thuốc thông minh tích hợp máy ảnh để chụp ảnh bên trong cơ thể khi chúng đi xuống dạ dày và ruột. Nam châm có thể được sử dụng để dẫn thuốc. Bằng cách này, thiết bị có thể tìm kiếm

khối u và polyp. Trong tương lai, có thể thực hiện phẫu thuật đơn giản nhờ những viên thuốc thông minh này, loại bỏ bất thường cũng như có thể làm sinh thiết từ bên trong, mà không cần cắt da.

Một thiết bị nhỏ hơn nhiều là hạt nano, một phân tử có thể cung cấp thuốc chống ung thư cho một mục tiêu cụ thể, có thể cách mạng hóa việc điều trị ung thư. Những hạt nano này có thể được so sánh với một quả bom phân tử thông minh, được thiết kế để đem chất hóa học nhắm vào mục tiêu cụ thể, giảm đáng kể thiệt hại cho các cơ quan xung quanh trong quá trình này. Trong khi một quả bom thường tác động tới tất cả, bao gồm cả các tế bào khỏe mạnh, các quả bom thông minh chỉ chọn lọc và tấn công các tế bào ung thư.

Bất cứ ai đã trải qua những tác dụng phụ khủng khiếp của hóa trị liệu sẽ hiểu được tiềm năng to lớn của những hạt nano này để giảm đau đớn cho con người. Hóa trị hoạt động bằng cách tắm toàn bộ cơ thể trong chất độc chết người, giết chết các tế bào ung thư hiệu quả hơn một chút so với tế bào bình thường. Sự phá hủy các cơ quan xung quanh từ hóa trị liệu là phổ biến. Các tác dụng phụ – bao gồm buồn nôn, rụng tóc, mất sức... – rất nghiêm trọng đến nỗi một số bệnh nhân ung thư thà chết vì ung thư còn hơn là trải qua quá trình như tra tấn này.

Hạt nano có thể thay đổi tất cả điều này. Chẳng hạn như trong hóa trị, thuốc sẽ được đặt bên trong một phân tử có hình dạng như một viên nang. Hạt nano sau đó được lưu thông trong máu, cho đến khi nó tìm thấy điểm đến để giải phóng thuốc.

Chìa khóa cho các hạt nano này là kích thước của chúng: từ 10 đến 100 nanomet, quá lớn để xuyên qua tế bào máu. Vì vậy, các hạt nano bật khỏi tế bào máu bình thường mà không gây hại gì. Nhưng các tế bào ung thư thì khác; thành tế bào của chúng thủng lỗ chỗ, không đều. Các hạt nano có thể tự do xâm nhập vào các tế bào ung thư và cung cấp thuốc nhưng không ảnh hưởng đến các mô khỏe mạnh. Vì vậy, các bác sĩ không cần hệ thống hướng dẫn phức tạp để chỉ đạo

các hạt nano này đến mục tiêu. Chúng sẽ tự nhiên tích lũy trong một số loại khối u ung thư.

Công nghệ này tuyệt vời ở chỗ nó không đòi hỏi phương pháp phức tạp và nguy hiểm, có thể có tác dụng phụ nghiêm trọng. Những hạt nano này có kích thước phù hợp: quá lớn để tấn công các tế bào bình thường nhưng vừa đẹp để xâm nhập vào tế bào ung thư.

Một ví dụ khác là các hạt nano được tạo ra bởi các nhà khoa học tại BIND Biosciences ở Cambridge, Massachusetts. Các hạt nano được tạo thành từ axit polylactic và axit copolylactic/axit glycolic, có thể chứa các loại thuốc bên trong một lưới phân tử. Điều này tạo ra một gói thuốc trong hạt nano. Hệ thống hướng dẫn của hạt nano là các peptide bọc ngoài hạt và chỉ liên kết với tế bào đích.

Điều đặc biệt hấp dẫn về công trình này là các hạt nano tự hình thành, không cần đến các nhà máy sản xuất và nhà máy hóa chất phức tạp. Các hóa chất khác nhau được từ từ trộn với nhau, theo đúng trình tự, trong điều kiện kiểm soát chặt chẽ và các hạt nano tự lắp ráp.

Bác sĩ Omid Farokhzad của BIND, Trường Y Harvard, chia sẻ: "Vì việc tự lắp ráp không đòi hỏi nhiều bước hóa học phức tạp, các hạt này rất dễ sản xuất.... Và chúng ta có thể làm ra hàng kilogram với quy mô chưa từng có." Các hạt nano này đã chứng minh được khả năng diệt khối u ung thư tuyến tiền liệt, ung thư vú và ung thư phổi ở chuột. Bằng cách sử dụng thuốc nhuộm màu, người ta có thể chỉ ra những hạt nano này đang tích lũy trong cơ quan đích, giải phóng tải trọng của chúng theo cách mong muốn. Các thử nghiệm lâm sàng trên bệnh nhân người sẽ bắt đầu trong một vài năm tới.

HẠ GỤC TẾ BÀO UNG THƯ

Những hạt nano không những có thể tìm kiếm tế bào ung thư và giải phóng hóa chất để tiêu diệt chúng, mà còn có thể giết chúng ngay tại chỗ. Nguyên tắc rất đơn giản. Những hạt nano này có thể hấp thụ ánh

sáng có tần số nhất định. Bằng cách tập trung ánh sáng laser, chúng nóng lên hoặc rung động, phá hủy bất kỳ tế bào ung thư nào trong vùng lân cận bằng cách xé rách thành tế bào của chúng. Do đó, chìa khóa là dẫn hạt nano lại đủ gần các tế bào ung thư.

Một số nhóm đã phát triển các nguyên mẫu. Các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm quốc gia Argonne và Đại học Chicago đã tạo ra các hạt nano titan dioxit (hóa chất thường có trong kem chống nắng). Nhóm này phát hiện ra họ có thể liên kết các hạt nano với một kháng thể có khả năng tìm ra một số tế bào ung thư gọi là glioblastoma multiforme (GBM). Vì vậy, những hạt nano đi nhờ kháng thể này, được dẫn đến các tế bào ung thư. Sau khi chiếu ánh sáng trắng trong năm phút, các hạt nóng lên và cuối cùng giết chết các tế bào ung thư. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng 80% tế bào ung thư có thể bị phá hủy theo cách này.

Các nhà khoa học cũng đã nghĩ ra cách thứ hai để tiêu diệt tế bào ung thư. Họ tạo ra các đĩa từ tính nhỏ có thể rung mạnh. Khi những đĩa này được dẫn đến các tế bào ung thư, một từ trường nhỏ bên ngoài có thể được truyền qua chúng, khiến chúng dao động và xé tan thành tế bào ung thư. Trong các thử nghiệm, 90% tế bào ung thư đã bị tiêu diệt chỉ sau 10 phút dao động.

Kết quả này không phải là một sự ăn may. Các nhà khoa học tại Đại học California tại Santa Cruz đã nghĩ ra một hệ thống tương tự bằng cách sử dụng các hạt nano vàng. Những hạt hình cầu này có đường kính 20 đến 70 nanomét và chỉ dày một vài nguyên tử. Các nhà khoa học đã sử dụng một loại peptide bị thu hút bởi các tế bào ung thư da. Peptide này được liên kết với các hạt nano vàng, sau đó được dẫn đến các tế bào ung thư da ở chuột. Bằng cách chiếu tia laser hồng ngoại, những hạt vàng này có thể phá hủy các tế bào khối u bằng cách nung nóng chúng. "Về cơ bản giống như nhúng một tế bào ung thư vào nước nóng và đun sôi nó đến chết. Các hạt cầu nano tạo ra nhiệt càng nhiều càng tốt." Jin Zhang, một trong những nhà nghiên cứu đã cho hay.

Vì vậy, trong tương lai, công nghệ nano sẽ phát hiện các khối ung thư từ nhiều năm trước khi chúng có thể hình thành khối u và các hạt nano lưu thông trong máu có thể được sử dụng để tiêu diệt các tế bào này. Nền tảng của khoa học này đang được thực hiện từng bước.

XE NANO TRONG MÁU

Một bước tiến xa hơn hạt nano là xe nano (nanocar), một thiết bị có thể điều khiển được bên trong cơ thể. Trong khi hạt nano được phép lưu thông tự do trong máu, những xe nano này giống như những chiếc máy bay điều khiển từ xa.

James Tour và các cộng sự của tại Đại học Rice đã tạo ra một xe nano như vậy. Thay vì bánh xe, nó có bốn bóng bucky. Một mục tiêu trong tương lai của nghiên cứu này là thiết kế một chiếc xe phân tử có thể đẩy một robot nhỏ trong máu, tiêu diệt các tế bào ung thư trên đường đi hoặc cung cấp các loại thuốc chữa trị đến các vị trí chính xác trong cơ thể.

Nhưng chiếc xe phân tử lại không có động cơ. Các nhà khoa học đã tạo ra nhiều máy phân tử phức tạp hơn, nhưng việc tạo ra một nguồn năng lượng phân tử là một trong những rào cản chính. Mẹ Thiên Nhiên đã giải quyết vấn đề này bằng cách sử dụng phân tử adenosine triphosphate (ATP) làm nguồn năng lượng. Năng lượng của ATP duy trì sự sống; nó cấp năng lượng sau mỗi giây chuyển động cơ bắp. Năng lượng ATP được lưu trữ trong một liên kết nguyên tử. Nhưng việc tạo ra một sự thay thế tổng hợp là rất khó khăn.

Thomas Mallouk và Ayusman Sen của Đại học bang Pennsylvania đã tìm ra một giải pháp tiềm năng cho vấn đề này. Họ đã tạo ra một xe nano có thể thực sự di chuyển hàng chục micromét mỗi giây, đó là tốc độ của hầu hết các vi khuẩn. (Họ lần đầu tiên tạo ra một thanh nano (nanorod), làm bằng vàng và bạch kim, có kích thước của một vi khuẩn. Thanh nano được đặt vào hỗn hợp nước và hydro peroxit, tạo ra phản ứng hóa học ở hai đầu của thanh khiến proton di chuyển từ

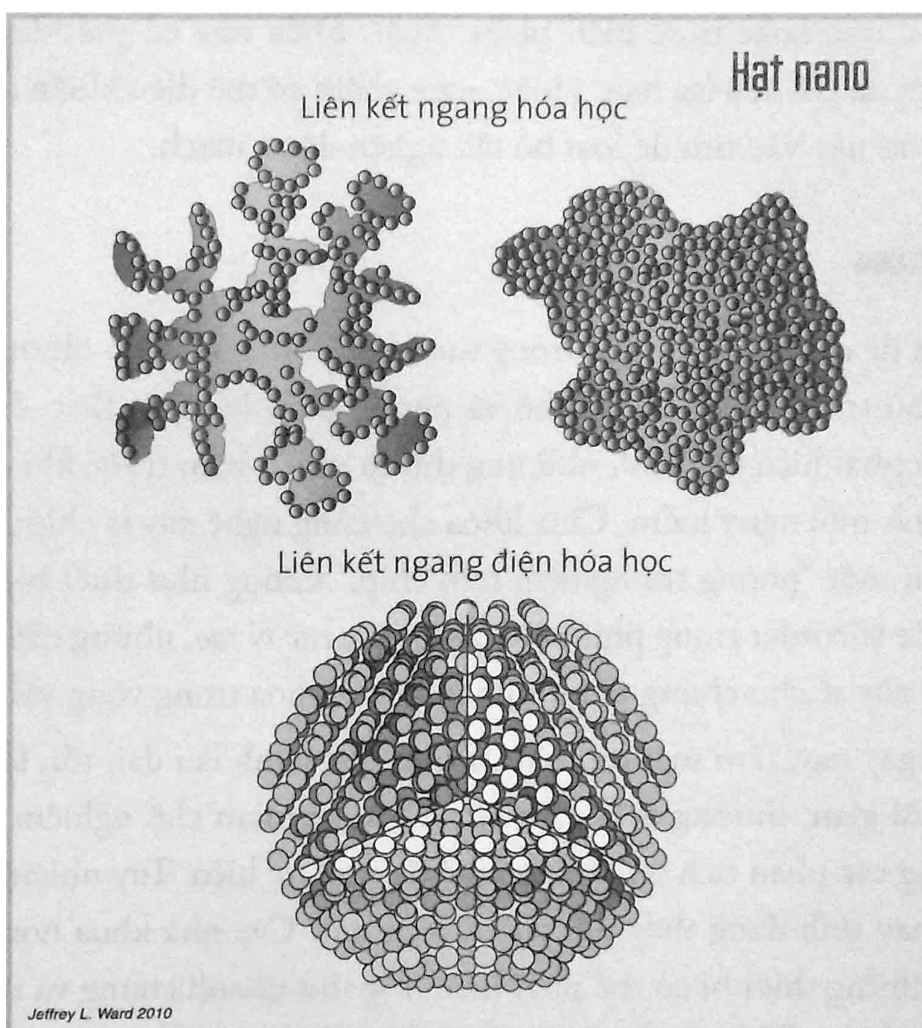
đầu này đến đầu kia. Vì proton đẩy các điện tích của phân tử nước, do đó đẩy thanh nano về phía trước. Thanh tiếp tục di chuyển về phía trước miễn là có hydro peroxit trong nước.)

Các thanh nano này cũng có thể được điều khiển nhờ từ tính. Các nhà khoa học đã gắn đĩa niken bên trong những thanh nano này, vì vậy chúng hoạt động như kim la bàn. Bằng cách di chuyển nam châm gắn vào tủ lạnh thông thường bên cạnh những thanh nano này, bạn có thể điều khiển chúng theo bất kỳ hướng nào bạn muốn.

Một cách khác để điều khiển máy phân tử là sử dụng đèn pin. Ánh sáng có thể phá vỡ các phân tử thành các ion dương và âm. Hai loại ion này khuếch tán qua môi trường với tốc độ khác nhau, tạo nên điện trường. Các máy phân tử sau đó bị hút bởi các điện trường này. Vì vậy, bằng cách rọi đèn pin người ta có thể điều khiển các máy phân tử theo hướng đó.

Tôi đã được quan sát thí nghiệm này khi đến thăm phòng thí nghiệm của Sylvain Martel thuộc Đại học Bách khoa Montreal ở Canada. Ý tưởng của ông là sử dụng đuôi của vi khuẩn thông thường để đẩy một con chip nhỏ trong máu về phía trước. Cho đến nay, các nhà khoa học chưa thể sản xuất một động cơ quy mô nguyên tử, giống như tìm thấy ở đuôi vi khuẩn. Martel tự hỏi: Nếu công nghệ nano không thể tạo ra những cái đuôi nhỏ bé này, tại sao không sử dụng đuôi vi khuẩn sống?

Đầu tiên ông tạo ra một con chip nhỏ hơn dấu chấm câu. Sau đó, ông đã phát triển một lô vi khuẩn. Ông có thể đặt khoảng 80 vi khuẩn này sau chip, để chúng hoạt động như một cánh quạt đẩy con chip về phía trước. Vì những vi khuẩn này có từ tính nhẹ, Martel có thể sử dụng các nam châm bên ngoài để điều khiển chúng bất cứ nơi nào ông muốn.



Các robot phân tử sẽ tuần tra máu của con người, xác định và ngăn chặn các tế bào ung thư và các tác nhân gây bệnh. Chúng có thể cách mạng hóa y học.)

Tôi từng được điều khiển con chip vi khuẩn. Tôi nhìn vào một chiếc kính hiển vi, và thấy một con chip nhỏ đang bị một số vi khuẩn đẩy. Khi tôi ấn nút, một nam châm bật lên và con chip di chuyển sang phải. Khi tôi thả tay, con chip dừng lại và sau đó di chuyển ngẫu nhiên. Bằng cách này, tôi thực sự có thể điều khiển con chip. Trong khi làm điều này, tôi nhận ra một ngày, bác sĩ có thể ấn một nút tương tự, nhưng là để chỉ đạo một nanorobot trong tĩnh mạch của bệnh nhân.

Chúng ta có thể tưởng tượng về một tương lai mà phẫu thuật được thay thế hoàn toàn bằng các máy phân tử di chuyển trong máu, do nam châm điều khiển, đi vào một cơ quan bị bệnh, và sau đó giải

phóng thuốc hoặc thực hiện phẫu thuật. Điều này có thể khiến kỹ thuật cắt da trở nên lạc hậu. Hoặc, nam châm có thể điều khiển những máy nano này vào tim để loại bỏ tắc nghẽn động mạch.

CHIP ADN

Như đã đề cập ở Chương 3, trong tương lai chúng ta sẽ có những cảm biến nhỏ trong quần áo, cơ thể và phòng tắm, liên tục theo dõi sức khỏe và phát hiện các bệnh như ung thư từ nhiều năm trước khi chúng trở thành mối nguy hiểm. Chìa khóa cho công nghệ này là chip ADN, hứa hẹn một "phòng thí nghiệm trên chip." Giống như thiết bị khám sức khỏe tricorder trong phim *Du hành giữa các vì sao*, những cảm biến nhỏ bé này sẽ cho chúng ta một phân tích y khoa trong vòng vài phút.

Ngày nay, tầm soát ung thư là một quá trình lâu dài, tốn kém và mất thời gian, thường mất vài tuần. Điều này hạn chế nghiêm trọng số lượng các phân tích ung thư có thể được thực hiện. Tuy nhiên, công nghệ máy tính đang thay đổi tất cả điều này. Các nhà khoa học đang tạo ra những thiết bị có thể phát hiện ung thư nhanh chóng và rẻ tiền, bằng cách tìm kiếm dấu ấn sinh học của tế bào ung thư.

Sử dụng công nghệ khắc tương tự chip máy tính, có thể khắc một con chip chứa mạng lưới vi mô phát hiện được chuỗi ADN cụ thể hoặc tế bào ung thư. Sử dụng công nghệ khắc bóng bán dẫn, các đoạn ADN được gắn vào chip. Khi chất lỏng truyền qua chip, các đoạn ADN này có thể liên kết với các trình tự gen cụ thể. Sau đó, bằng cách sử dụng một chùm tia laser, người ta có thể nhanh chóng quét toàn bộ lưới và xác định các gen. Bằng cách này, không cần đọc từng gen một như trước đây mà vẫn quét được hàng ngàn gen cùng lúc.

Năm 1997, công ty Affymetrix đã phát hành chip ADN thương mại đầu tiên có thể phân tích nhanh chóng 50.000 chuỗi ADN. Đến năm 2000, đã có 400.000 đầu dò ADN với giá vài ngàn đô la. Đến năm 2002, giá đã giảm xuống còn 200 đô la cho những con chip mạnh hơn. Giá tiếp tục giảm theo định luật Moore, xuống còn vài đô la.

Shana Kelley, một giáo sư y khoa của Đại học Toronto, nói: "Ngày nay, phải mất một căn phòng chứa đầy máy tính để đánh giá lâm sàng dấu ấn sinh học mẫu ung thư và khá lâu mới có kết quả. Nhóm của chúng tôi có thể đo được các phân tử sinh học trên một con chip điện tử nhỏ bằng đầu ngón tay." Bà cũng hình dung ngày mà tất cả các thiết bị phân tích con chip này sẽ được thu nhỏ lại như một chiếc điện thoại di động. Phòng thí nghiệm trên chip này có nghĩa là chúng ta có thể thu nhỏ một phòng thí nghiệm hóa học ở bệnh viện hoặc trường đại học xuống một con chip duy nhất có thể sử dụng trong phòng tắm.

Các bác sĩ tại Bệnh viện Đa khoa Massachusetts đã tạo ra chip sinh học (biochip) được thiết kế riêng mạnh gấp 100 lần so với mọi sản phẩm khác trên thị trường hiện nay. Thông thường, các tế bào khối u tuần hoàn (CTCs) chiếm ít hơn một phần triệu tế bào máu, nhưng những CTC này cuối cùng sẽ giết chúng ta nếu chúng sinh sôi nảy nở. Các biochip mới đủ nhạy để tìm thấy một phần tỷ CTC lưu hành trong máu. Kết quả là, con chip này đã được chứng minh có khả năng phát hiện các tế bào ung thư phổi, tuyến tiền liệt, tuyến tụy, vú và đại trực tràng bằng cách phân tích ít nhất một muỗng cà phê máu.

Công nghệ khắc truyền thống tạo ra chip chứa 78.000 chốt vi mô (mỗi chốt cao 100 micromet). Dưới kính hiển vi điện tử, chúng trông giống một khu rừng hình tròn. Mỗi chốt được phủ một kháng thể của phân tử kết dính tế bào biểu mô (EpCAM), được tìm thấy trong nhiều loại tế bào ung thư nhưng không có trong tế bào bình thường. EpCAM đóng vai trò quan trọng trong việc các tế bào ung thư giao tiếp với nhau khi chúng tạo thành khối u. Nếu máu được truyền qua chip, các tế bào CTC dính vào các chốt tròn. Trong các thử nghiệm lâm sàng, con chip phát hiện thành công ung thư ở 115/116 bệnh nhân.

Sự gia tăng của các phòng thí nghiệm trên chip cũng sẽ ảnh hưởng triệt để đến chi phí chẩn đoán bệnh. Hiện nay, có thể tốn vài trăm đô la cho một cuộc phân tích sinh thiết hoặc hóa học, và có thể mất vài tuần. Trong tương lai, chỉ cần vài xu và mất vài phút. Điều này có thể

cách mạng hóa tốc độ và khả năng tiếp cận của các chẩn đoán ung thư. Mỗi khi đánh răng, chúng ta sẽ kiểm tra kỹ lưỡng một loạt các bệnh, bao gồm cả ung thư.

Leroy Hood và các cộng sự tại Đại học Washington đã tạo ra một con chip rộng khoảng 4 cm, có thể kiểm tra các protein cụ thể từ một giọt máu. Protein đóng vai trò là những khối cơ bản sự sống. Cơ bắp, da, tóc, kích thích tố và enzym của chúng ta đều được tạo thành từ protein. Phát hiện protein từ các bệnh như ung thư có thể tạo ra một hệ thống cảnh báo sớm cho cơ thể. Hiện tại, chip chỉ có giá 10 xu và có thể xác định được một loại protein cụ thể trong vòng mười phút, vì vậy nó hiệu quả hơn vài triệu lần so với hệ thống trước đó. Hood hình dung một ngày khi một con chip có thể nhanh chóng phân tích hàng trăm nghìn protein, cảnh báo chúng ta về nhiều loại bệnh khác nhau sớm hàng chục năm trước khi chúng trở nên nghiêm trọng.

ỐNG NANO CACBON

Bản xem thử sức mạnh của công nghệ nano là ống nano cacbon. Về nguyên tắc, ống nano cacbon bền hơn thép và cũng dẫn điện, vì vậy máy tính làm từ cacbon là một lựa chọn. Mặc dù chúng rất bền, nhưng lại ở dạng tinh khiết, và sợi cacbon nguyên chất dài nhất chỉ dài vài xentimet. Nhưng sẽ đến một ngày, toàn bộ máy tính có thể được làm bằng ống nano cacbon và các cấu trúc phân tử khác.

Ống nano cacbon được làm từ các nguyên tử cacbon riêng lẻ liên kết với nhau để tạo thành một ống. Hãy tưởng tượng lưới mắt cáo, với mỗi tiếp điểm là một nguyên tử cacbon. Bây giờ cuộn lưới thép thành ống, và bạn có hình dạng của ống nano cacbon. Ống nano cacbon được hình thành mỗi khi tạo ra muội than bình thường, nhưng các nhà khoa học không bao giờ nhận ra rằng các nguyên tử cacbon có thể liên kết theo một cách mới lạ như vậy.

Các tính chất gần như kỳ diệu của ống nano cacbon có được nhờ cấu trúc nguyên tử của chúng. Thông thường, khi phân tích một mảnh

chất rắn, như đá hoặc gỗ, bạn đang thực sự phân tích một hỗn hợp rất lớn của nhiều cấu trúc chồng chéo. Rất dễ để tạo ra các vết nứt nhỏ trong hỗn hợp này, khiến nó bị vỡ. Vì vậy, độ bền vật liệu phụ thuộc vào sự không hoàn hảo trong cấu trúc phân tử của nó. Ví dụ, than chì được cấu tạo từ cacbon nguyên chất, nhưng nó cực kỳ mềm bởi được làm từ các lớp có thể trượt qua nhau. Mỗi lớp bao gồm các nguyên tử cacbon, mỗi nguyên tử được liên kết với ba nguyên tử cacbon khác.

Kim cương cũng có thành phần là cacbon nguyên chất, nhưng chúng là khoáng chất tự nhiên bền nhất. Các nguyên tử cacbon trong kim cương được bố trí trong một cấu trúc tinh thể lồng vào nhau chặt chẽ, mang lại độ bền phi thường. Tương tự như vậy, các ống nano cacbon có tính chất tuyệt vời nhờ cấu trúc nguyên tử đều của chúng.

Các ống nano cacbon đang tìm đường vào ngành công nghiệp. Do có tính dẫn điện tốt, chúng có thể được chế tạo thành dây cáp mang theo một lượng lớn năng lượng điện. Nhờ độ bền cao, chúng có thể được sử dụng để tạo ra những chất bền hơn Kevlar.

Nhưng có lẽ ứng dụng quan trọng nhất của cacbon là trong ngành máy tính. Cacbon là một trong nhiều ứng cử viên thay thế silic ở vị trí nền tảng của công nghệ máy tính. Tương lai của nền kinh tế thế giới cuối cùng có thể phụ thuộc vào câu hỏi: Vật liệu nào sẽ thay thế silic?

KỶ NGUYÊN HẬU SILIC

Như đã đề cập ở chương trước, định luật Moore, một trong những nền tảng của cuộc cách mạng thông tin, không thể kéo dài mãi mãi. Tương lai kinh tế thế giới và số phận của các quốc gia có thể phụ thuộc vào việc quốc gia nào phát triển vật liệu thay thế phù hợp cho silic.

Khi nào thì định luật Moore sụp đổ? Câu hỏi này đã gây chấn động nền kinh tế thế giới. Chính Gordon Moore đã được hỏi vào năm 2007. Ông trả lời tất nhiên là không, và dự đoán nó sẽ kết thúc trong vòng 10 đến 15 năm.

Đánh giá sơ bộ này trùng hợp với một ước tính trước đó của Paolo Gargini, một thành viên của Intel, người chịu trách nhiệm cho tất cả nghiên cứu bên ngoài tại Intel. Do Tập đoàn Intel đi đầu trong ngành công nghiệp bán dẫn, các phát ngôn của Gargini đã được phân tích kỹ lưỡng. Năm 2004, tại hội nghị Semicon West thường niên, ông phát biểu: "Ít nhất 15 đến 20 năm tới, chúng tôi vẫn có thể tiếp tục tuân theo định luật Moore."

Cuộc cách mạng máy tính dựa trên silic hiện tại đã được thúc đẩy bởi một thực tế quan trọng: khả năng dùng tia cực tím để khắc bóng bán dẫn ngày càng nhỏ lên một đế silic. Ngày nay, một chip Pentium có thể có hàng trăm triệu bóng bán dẫn trên một đế có kích thước như móng tay bạn. Do bước sóng của tia cực tím có thể nhỏ đến 10 nanomet nên có thể sử dụng các kỹ thuật khắc để khắc các thành phần chỉ rộng 30 nguyên tử. Nhưng quá trình này không thể tiếp tục mãi mãi. Sớm hay muộn, nó sẽ sụp đổ.

Đầu tiên, nhiệt sinh ra sẽ làm các con chip mạnh mẽ nóng chảy. Giải pháp có phần ngây thơ là xếp các tấm wafer thành một chip hình khối. Điều này sẽ làm tăng sức mạnh xử lý của chip nhưng lại sinh nhiều nhiệt hơn. Sức nóng từ những con chip hình khối này lớn đến nỗi chiên được trứng. Lý do rất đơn giản: không có đủ diện tích bề mặt trên một chip hình khối để làm mát nó. Nếu truyền nước lạnh hoặc không khí vào một con chip nóng, hiệu ứng làm mát sẽ tốt hơn nếu diện tích bề mặt lớn hơn. Nhưng nếu bạn có một con chip hình khối, diện tích bề mặt là không đủ. Ví dụ, nếu tăng gấp đôi kích thước của chip hình khối, nhiệt tạo ra tăng tám lần (vì thể tích khối lập phương tăng tám lần), nhưng diện tích bề mặt chỉ tăng bốn lần. Có nghĩa là nhiệt sinh ra trong chip hình khối tăng nhanh hơn khả năng làm mát nó. Chip hình khối càng lớn thì càng khó làm mát. Vì vậy, nó sẽ chỉ là giải pháp tạm thời, giải quyết một phần vấn đề.

Một số người đề xuất dùng tia X thay vì tia cực tím để khắc các mạch điện. Về nguyên tắc, điều này có thể hiệu quả, vì tia X có bước

sóng nhỏ hơn 100 lần tia cực tím. Nhưng có một sự đánh đổi. Khi chuyển từ ánh sáng tia cực tím sang tia X, bạn cũng tăng năng lượng của chùm tia hơn 100 lần. Điều này có nghĩa việc khắc với tia X có thể phá hủy tấm đế. Công nghệ khắc bán dẫn tia X (X-ray lithography) có thể được so sánh với một nghệ sĩ đang cố gắng sử dụng bộ đèn hàn để tạo ra một tác phẩm điêu khắc tinh tế. Khắc bán dẫn tia X phải được kiểm soát rất cẩn thận, do đó, đó chỉ là một giải pháp ngắn hạn.

Thứ hai, có một vấn đề cơ bản do thuyết lượng tử đặt ra: nguyên tắc bất định, trong đó bạn không thể biết chắc chắn vị trí và vận tốc của bất kỳ nguyên tử hay hạt nào. Chip Pentium ngày nay có thể dày khoảng 30 nguyên tử. Đến năm 2020, độ dày tối thiểu có thể giảm xuống còn năm nguyên tử, do đó vị trí của electron trở nên bất định, và nó bắt đầu rò rỉ qua lớp đế, gây đoản mạch. Vì vậy, tồn tại một giới hạn lượng tử quyết định bóng bán dẫn silic có thể nhỏ đến mức nào.

Như đã đề cập, tôi từng làm diễn giả chính tại một hội nghị lớn gồm 3.000 kỹ sư hàng đầu của Microsoft tại trụ sở chính của họ ở Seattle và nêu bật vấn đề định luật Moore đang chậm lại. Những kỹ sư phần mềm hàng đầu này đã tâm sự với tôi họ rất coi trọng vấn đề này, và việc xử lý song song là một trong những giải pháp hàng đầu để tăng sức mạnh xử lý của máy tính. Cách dễ nhất để giải quyết vấn đề này là xâu chuỗi một loạt các chip song song, để một vấn đề tính toán ban đầu được chia nhỏ thành từng mảnh và tập hợp lại về sau.

Xử lý song song là một trong những chìa khóa hoạt động của bộ não con người. Nếu quét cộng hưởng từ chức năng não đang suy nghĩ, bạn thấy các vùng khác nhau của não sáng lên đồng thời, có nghĩa là bộ não tách một nhiệm vụ thành nhiều mảnh nhỏ và xử lý từng phần cùng lúc. Điều này giải thích tại sao tế bào thần kinh (truyền xung điện với tốc độ siêu chậm 322 km/h) có thể hoạt động tốt hơn một siêu máy tính, có tốc độ xử lý gần bằng tốc độ ánh sáng. Bù lại cho sự chậm trễ, bộ não thực hiện hàng tỷ tính toán nhỏ đồng thời và sau đó kết hợp tất cả lại với nhau.

Khó khăn với xử lý song song là mọi vấn đề phải được chia thành nhiều phần. Mỗi phần được xử lý bởi các chip khác nhau và cuối cùng mới tập hợp lại. Sự phối hợp các phần này có thể cực kỳ phức tạp, và phụ thuộc vào từng vấn đề cụ thể, nên khó tìm ra một phương pháp chung. Bộ não con người làm điều này một cách dễ dàng, nhưng Mẹ Thiên Nhiên đã dành hàng triệu năm để giải quyết vấn đề này. Các kỹ sư phần mềm thì chỉ có khoảng một thập kỷ.

BÓNG BÁN DẪN NGUYÊN TỬ

Một sự thay thế khả thi cho chip silic là bóng bán dẫn được làm từ các nguyên tử riêng lẻ. Nếu bóng bán dẫn silic không thành công do dây và các lớp trong một con chip đang giảm kích thước theo quy mô nguyên tử, thì tại sao lại không bắt đầu lại và tính toán trên các nguyên tử?

Muốn thực hiện điều này, có thể thông qua bóng bán dẫn phân tử. Bóng bán dẫn như một công tắc điều khiển dòng điện trong một sợi dây. Có thể thay thế một bóng bán dẫn silic bằng một phân tử đơn lẻ, được làm từ hóa chất như rotaxane và benzenethiol. Một phân tử benzenethiol trông như một ống dài, với một "núm" hay van, làm bằng nguyên tử ở giữa. Thông thường, dòng điện chạy tự do trong ống, khiến nó dẫn điện. Nhưng bạn cũng có thể xoay "núm", và tắt dòng điện. Toàn bộ phân tử sẽ hoạt động như một công tắc điều khiển dòng điện. Núm cho phép dòng điện chạy qua, có thể đại diện cho số "1." Nếu núm xoay được bật, thì dòng điện dừng lại, đại diện cho số "0." Như vậy, các thông tin mã hóa sẽ được gửi bằng cách sử dụng phân tử.

Các bóng bán dẫn phân tử đã tồn tại. Một số tập đoàn thông báo đã tạo ra bóng bán dẫn làm bằng các phân tử riêng lẻ. Nhưng để thương mại hóa, người ta phải kết nối chúng một cách chính xác và sản xuất hàng loạt thành công.

Ứng viên đầy hứa hẹn cho bóng bán dẫn phân tử là chất graphene, lần đầu tiên được phân lập từ than chì năm 2004 bởi Andre Geim và Kostya Novoselov của Đại học Manchester, những người đã giành giải

Nobel cho công trình này. Nó giống như một lớp than chì đơn. Không như ống nano cacbon, là những tấm nguyên tử cacbon cuộn thành các ống dài và hẹp, graphene là một tấm cacbon đơn, không dày hơn một nguyên tử. Giống như ống nano cacbon, graphene đại diện cho một trạng thái vật chất mới, do đó các nhà khoa học đang gợi ra các đặc tính đáng chú ý của nó, bao gồm cả tính dẫn điện. "Từ quan điểm vật lý, graphene là một mỏ vàng. Bạn có thể nghiên cứu nó mãi." Novoselov nhận xét. (Graphene cũng là vật liệu bền nhất từng được thử nghiệm trong khoa học. Nếu bạn đặt một con voi trên bút chì, và giữ cân bằng bút chì trên một tấm graphene, graphene sẽ không bị rách.)

Nhóm của Novoselov đã sử dụng các kỹ thuật truyền thống vốn được sử dụng trong ngành công nghiệp máy tính để khắc một số bóng bán dẫn nhỏ nhất từ trước đến nay. Các chùm electron hẹp có thể chạy qua các kênh trên graphene, tạo ra bóng bán dẫn nhỏ nhất thế giới: dày một nguyên tử và rộng 10 nguyên tử. (Hiện nay, các bóng bán dẫn phân tử nhỏ nhất có kích thước khoảng 30 nanomet. Các bóng bán dẫn nhỏ nhất của Novoselov nhỏ hơn ba mươi lần.)

Những bóng bán dẫn graphene này quá nhỏ, trên thực tế, chúng có thể đại diện cho giới hạn cuối cùng của bóng bán dẫn phân tử. Bất kỳ kích thước nhỏ hơn nào, cộng với nguyên lý bất định sẽ tiếp quản và các electron bị rò rỉ ra khỏi bóng bán dẫn, sẽ phá hủy các tính chất của nó. "Đó là kích thước nhỏ nhất bạn có thể tạo ra." Novoselov nói.

Mặc dù có một số ứng cử viên hứa hẹn cho các bóng bán dẫn phân tử, vấn đề thực sự nhàm chán hơn: làm thế nào để nối chúng và lắp ráp thành một sản phẩm thương mại. Tạo ra một bóng bán dẫn phân tử duy nhất là không đủ. Các bóng bán dẫn phân tử nổi tiếng khó thao tác, vì chúng có thể mỏng hơn hàng nghìn lần so với tóc người. Suy nghĩ về cách để sản xuất hàng loạt thực sự là một cơn ác mộng. Hiện tại, công nghệ này vẫn chưa được áp dụng.

Ví dụ, graphene là một vật liệu mới mà các nhà khoa học không biết làm thế nào để sản xuất số lượng lớn. Các nhà khoa học chỉ có thể

sản xuất khoảng 0,1 mm graphene tinh khiết, quá nhỏ để phục vụ mục đích thương mại. Có một tia hy vọng là chúng ta cần tìm ra quá trình tự lắp ráp các bóng bán dẫn phân tử. Trong tự nhiên, đôi khi chúng ta tìm thấy các mảng phân tử ngưng tụ thành một mô hình chính xác, như thể bằng phép thuật. Cho đến nay, không ai có thể tạo lại phép thuật này một cách đáng tin cậy.

MÁY TÍNH LƯỢNG TỬ

Đề xuất đầy tham vọng nhất là sử dụng máy tính lượng tử, thực hiện tính toán trên từng nguyên tử riêng lẻ. Một số người cho rằng máy tính lượng tử là máy tính tối thượng, vì nguyên tử là đơn vị nhỏ nhất mà người ta có thể tính toán.

Nguyên tử giống như một con quay. Thông thường, bạn có thể lưu trữ thông tin số trên con quay bằng cách gán số “0” nếu nó quay lên trên hoặc “1” nếu quay xuống dưới. Nếu lật ngược con quay, thì bạn đã chuyển đổi 0 thành 1 và đã thực hiện phép tính.

Nhưng trong thế giới lượng tử kỳ quái, một nguyên tử có thể quay lên, quay xuống đồng thời và một nguyên tử có thể xuất hiện ở nhiều nơi. Một nguyên tử có thể chứa nhiều thông tin hơn 0 hoặc 1. Nó có thể mô tả một hỗn hợp của 0 và 1. Vì vậy, các máy tính lượng tử sử dụng “bit lượng tử (qubit)” thay cho bit. Ví dụ, nó có thể là 25% quay lên và 75% quay xuống. Bằng cách này, một nguyên tử quay có thể lưu trữ nhiều thông tin hơn một bit.

Các máy tính lượng tử mạnh đến nỗi CIA phải xem xét các tiềm năng bẻ mã của chúng. Khi CIA cố gắng bẻ mã của một quốc gia khác, họ tìm kiếm từ khóa. Các quốc gia đã nghĩ ra những cách tạo chìa khóa mã hóa thông điệp tinh vi. Ví dụ: mã khóa có thể dựa trên việc phân tích một số lớn. Thật dễ dàng để xác định 21 là tích của 3 và 7. Bây giờ, giả sử bạn có một số nguyên gồm 100 chữ số và bạn yêu cầu máy tính kỹ thuật số viết lại nó là tích của hai số nguyên khác. Máy tính kỹ thuật số có thể mất cả một thế kỷ để đưa ra đáp án. Tuy nhiên, một

máy tính lượng tử mạnh đến nỗi về nguyên tắc nó có thể dễ dàng bẻ bất kỳ mã nào như vậy. Máy tính lượng tử nhanh hơn máy tính truyền thống trong những nhiệm vụ lớn như vậy.

Máy tính lượng tử không phải là khoa học viễn tưởng mà thực sự đã tồn tại. Tôi từng tận mắt nhìn thấy một máy tính lượng tử khi đến phòng thí nghiệm MIT của Seth Lloyd, một trong những người tiên phong trong lĩnh vực này. Phòng thí nghiệm của ông có đầy đủ các máy tính, máy bơm chân không và cảm biến, nhưng trái tim của phòng thí nghiệm là một máy giống như máy quét cộng hưởng từ truyền thống, ngoại trừ nhỏ hơn nhiều. Giống như máy cộng hưởng từ, thiết bị của ông có hai cuộn dây lớn tạo ra từ trường đồng nhất trong không gian giữa hai cuộn dây. Trong từ trường thống nhất này, ông đặt vật liệu mẫu của mình. Các nguyên tử bên trong mẫu xoay đúng hướng, giống như các con quay. Nếu nguyên tử chỉ lên, nó tương ứng với 0. Nếu nó chỉ xuống, nó tương ứng với 1. Sau đó, ông gửi một xung điện từ vào mẫu, làm thay đổi hướng của các nguyên tử. Một số nguyên tử lật lại, do đó, 1 trở thành 0. Bằng cách này, máy đã thực hiện phép tính.

Vậy tại sao chúng ta không có máy tính lượng tử đặt trên bàn làm việc để giải quyết những bí ẩn của vũ trụ? Lloyd cho rằng, vấn đề cản trở nghiên cứu máy tính lượng tử là những nhiễu loạn từ môi trường bên ngoài đã phá hủy những tính chất tinh tế của các nguyên tử này.

Khi các nguyên tử có tính "liên kết" (coherent) và dao động cùng pha với nhau, những nhiễu loạn nhỏ nhất từ môi trường bên ngoài có thể làm hỏng sự cân bằng tinh tế này và làm cho các nguyên tử "mất liên kết" (decoherence), do đó chúng không còn dao động nữa. Ngay cả một tia vũ trụ hay tiếng ầm ầm của một chiếc xe tải bên ngoài phòng thí nghiệm cũng có thể phá hủy sự đồng bộ quay tinh tế của các nguyên tử này và làm hỏng tính toán.

Vấn đề mất liên kết là rào cản khó khăn nhất khi chế tạo máy tính lượng tử. Người nào giải quyết được vấn đề mất liên kết sẽ không chỉ giành giải Nobel mà còn trở thành người giàu nhất Trái đất.

Như bạn có thể hình dung, việc tạo ra các máy tính lượng tử từ các nguyên tử mạch lạc riêng lẻ là một quá trình khó khăn, bởi các nguyên tử này nhanh chóng bị mất liên kết và lệch pha. Cho đến nay, tính toán phức tạp nhất từng được thực hiện trên một máy tính lượng tử là 3 × 5 = 15. Mặc dù điều này có vẻ không là gì, hãy nhớ rằng tính toán này được thực hiện trên các nguyên tử riêng lẻ.

Ngoài ra, còn có một sự phức tạp kỳ quái khác xuất phát từ lý thuyết lượng tử, một lần nữa dựa trên nguyên lý bất định. Tất cả các tính toán được thực hiện trên một máy tính lượng tử là không chắc chắn, vì vậy bạn phải lặp lại tính toán nhiều lần. Vì vậy, 2 + 2 = 4, ít nhất vài lần. Nếu bạn lặp lại phép tính 2 + 2 một số lần, đáp án cuối cùng là trung bình cộng của các kết quả bằng 4. Vì vậy, ngay cả số học cũng trở nên mơ hồ trên máy tính lượng tử.

Không ai biết khi nào có thể giải quyết vấn đề mất liên kết này. Vint Cerf, một trong những người sáng tạo ban đầu của Internet, dự đoán: "Đến năm 2050, chúng tôi chắc chắn sẽ tìm ra cách để đạt được tính toán lượng tử ở nhiệt độ phòng."

Chúng ta cũng nên chỉ ra rằng tiềm năng trong lĩnh vực này là rất lớn, khiến các nhà khoa học nghiên cứu hàng loạt loại hình máy tính khác nhau. Một số loại hình cạnh tranh là:

- **máy tính quang học**: Những máy tính này tính toán nhờ các chùm ánh sáng thay vì electron. Vì các chùm sáng có thể truyền qua nhau nên máy tính quang học có thể không cần dây. Ngoài ra, thiết bị laser có thể được chế tạo bằng cách sử dụng các kỹ thuật khắc bán dẫn tương tự như bóng bán dẫn thông thường, vì vậy trên lý thuyết bạn có thể gắn hàng triệu thiết bị laser vào một con chip.
- **máy tính chấm lượng tử**: Các chất bán dẫn được sử dụng trong các con chip có thể được khắc vào các chấm nhỏ chỉ khoảng 100 nguyên tử. Ở mức này, các nguyên tử này có thể bắt đầu dao động đồng bộ. Năm 2009, chấm lượng tử nhỏ

nhất thế giới được tạo ra từ một electron đơn lẻ. Những chấm lượng tử này đã chứng tỏ giá trị của chúng với các điốt phát sáng và màn hình máy tính. Trong tương lai, nếu những chấm lượng tử này được sắp xếp đúng cách, chúng thậm chí có thể tạo ra một máy tính lượng tử.

- **máy tính ADN**: Năm 1994, máy tính đầu tiên từ các phân tử ADN được tạo ra tại Đại học Nam California. Vì một chuỗi ADN mã hóa thông tin về các axit amin được biểu diễn bằng các chữ cái A, T, C, G thay vì 0 và 1, ADN có thể được xem như băng máy tính truyền thống, nhưng lưu trữ nhiều thông tin hơn. Giống như cách thao tác và sắp xếp một số lớn trên máy tính, người ta cũng có thể thực hiện các thao tác tương tự bằng cách trộn các ống dịch chứa ADN, cắt và ghép theo nhiều cách khác nhau. Mặc dù quá trình này diễn ra chậm chạp, nhưng có nhiều nghìn tỷ phân tử ADN hoạt động đồng thời, do đó một máy tính ADN có thể giải quyết một số tính toán thuận tiện hơn so với máy tính kỹ thuật số. Dẫu vậy, máy tính kỹ thuật số khá thuận tiện và có thể tích hợp vào điện thoại di động còn máy tính ADN thì bất tiện hơn, cần phải trộn các ống chứa ADN chứa chất lỏng.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

THUẬT BIẾN HÌNH

Trong phim *Terminator 2: Judgment Day* (Kẻ hủy diệt 2: Ngày phán xét), Arnold Schwarzenegger bị tấn công bởi một robot tiên tiến trong tương lai, một chiếc T-1000, làm bằng kim loại lỏng. Giống như một khối thủy ngân lỏng, nó có thể thay đổi hình dạng và len lỏi dễ dàng qua bất kỳ trở ngại nào. Nó có thể thấm qua các vết nứt nhỏ nhất, biến thành vũ khí giết người bằng cách định hình lại bàn tay và bàn

chân. Sau đó nó có thể đột ngột tái tạo thành hình dạng ban đầu để tiếp tục chuỗi hành động giết người. T-1000 dường như không thể ngăn cản, một cỗ máy giết người hoàn hảo.

Tất nhiên, những điều này đều là khoa học viễn tưởng. Công nghệ ngày nay chưa cho phép thay đổi một vật rắn theo ý muốn. Tuy nhiên, cho đến tương lai trung hạn, một dạng công nghệ biến hình có thể trở nên phổ biến. Trên thực tế, một trong những công ty chủ chốt thúc đẩy công nghệ này là Intel.

Trớ trêu thay, đến năm 2050, hầu hết thành quả của công nghệ nano sẽ ở khắp mọi nơi, nhưng vô hình. Hầu như mọi sản phẩm sẽ được tăng cường thông qua các kỹ thuật sản xuất phân tử, vì vậy chúng sẽ trở nên siêu cứng, bền, dẫn điện và linh hoạt. Công nghệ nano cũng sẽ cung cấp các cảm biến liên tục bảo vệ và giúp đỡ con người, phân bố trong môi trường, ẩn giấu mà chúng ta không hề hay biết. Chúng ta đi bộ xuống phố và mọi thứ dường như không đổi, vì vậy chúng ta sẽ không bao giờ biết công nghệ nano đã thay đổi thế giới như thế nào.

Nhưng có một hệ quả hiển nhiên của công nghệ nano.

Robot sát thủ T-1000 trong phim *Kẻ hủy diệt* có lẽ là ví dụ ấn tượng nhất về vật được lập trình, cho phép thay đổi hình dạng, màu sắc của vật bằng cách ấn nút. Ở cấp độ nguyên thủy, ngay cả một biển báo neon cũng là một dạng của vật thể được lập trình, vì bạn có thể bật công tắc đèn và gửi điện qua một ống khí. Điện kích thích các nguyên tử khí, sau đó phân rã trở lại trạng thái bình thường, giải phóng ánh sáng. Một phiên bản phức tạp hơn tương tự là màn hình LCD trên máy tính ở khắp nơi. Màn hình LCD chứa một tinh thể lỏng trở nên mờ đục khi một dòng điện nhỏ chạy qua. Do đó, bằng cách điều chỉnh dòng điện chạy bên trong tinh thể lỏng, người ta có thể tạo ra màu sắc và hình dạng trên màn hình bằng cách ấn nút.

Các nhà khoa học tại Intel ôm nhiều tham vọng hơn. Họ hình dung dùng vật được lập trình để thực sự thay đổi hình dạng của vật rắn, như trong khoa học viễn tưởng. Ý tưởng rất đơn giản: tạo ra một

con chip máy tính nhỏ như hạt cát. Những hạt cát thông minh này cho phép bạn thay đổi tĩnh điện trên bề mặt, để chúng có thể hút và đẩy lẫn nhau. Với một bộ điện tích, những hạt này có thể xếp thành một mảng nhất định. Nhưng bạn có thể lập trình lại các hạt này để thay đổi điện tích của chúng. Ngay lập tức, chúng tự sắp xếp lại, tạo thành một cấu hình hoàn toàn khác. Những hạt này được gọi là "catom" (viết tắt của các nguyên tử claytronic) vì chúng có thể tạo thành một loạt các đối tượng bằng cách thay đổi điện tích, giống như các nguyên tử. (Vật được lập trình có nhiều điểm chung với robot môđun mà chúng ta đã thấy trong Chương 2. Trong khi các robot môđun có khối thông minh, kích thước khoảng 5,5 cm, có thể tự sắp xếp lại, vật được lập trình cũng tương tự nhưng thu nhỏ lại với kích thước nhỏ hơn milimét).

Một trong những người quảng bá công nghệ này là Jason Campbell, một nhà nghiên cứu cấp cao của Intel. Ông nói: "Hãy hình dung về một thiết bị di động. Điện thoại di động của tôi quá to để đút vừa trong túi và quá nhỏ so với ngón tay của tôi. Sẽ tệ hơn nếu tôi cố xem phim hay làm việc với e-mail. Nhưng nếu có từ 200 đến 300 mililit catom, tôi có thể biến nó thành hình dạng của thiết bị mà tôi cần vào thời điểm đó." Do đó cùng lúc, tôi có một chiếc điện thoại di động trong tay. Ngay sau đó, nó biến thành thứ gì đó khác. Bằng cách này, tôi không phải mang theo quá nhiều tiện ích điện tử.

Intel đã tạo ra trong phòng thí nghiệm một loạt catom khoảng 2,5 cm. Các catom tương tự như một khối với hàng loạt điện cực nhỏ trải đều trên bề mặt. Điều khiến catom đặc biệt là bạn có thể thay đổi điện tích trên mỗi điện cực của nó, do đó các catom liên kết theo các hướng khác nhau. Với một tập hợp điện tích, các khối này có thể kết hợp để tạo ra một khối lập phương lớn. Khi thay đổi các điện tích trên mỗi điện cực của khối, các catom tháo rời và nhanh chóng sắp xếp lại thành một hình dạng hoàn toàn khác, chẳng hạn như một chiếc thuyền.

Vấn đề là phải thu nhỏ mỗi catom về kích thước của một hạt cát, hoặc thậm chí nhỏ hơn. Nếu một ngày các kỹ thuật khắc silic cho phép

tạo ra các catom nhỏ như một tế bào, thì chúng ta có thể thực sự thay đổi từ hình dạng này sang hình dạng khác, đơn giản bằng cách nhấn một nút. Justin Rattner, một thành viên cao cấp của Intel, nói: "Một ngày nào đó trong vòng bốn mươi năm tới, điều này sẽ trở thành công nghệ phổ thông." Ứng dụng hiện tại là dành cho các nhà thiết kế ô tô, kỹ sư hàng không, nghệ sĩ, kiến trúc sư và bất kỳ ai phải thiết kế mô hình ba chiều cho các dự án và sau đó liên tục sửa đổi chúng. Ví dụ, nếu có khuôn mẫu của một chiếc sedan bốn cửa, người ta có thể lấy khuôn, kéo nó ra, và nó đột nhiên biến thành một chiếc hatchback. Nén khuôn nhiều hơn một chút và biến thành một chiếc xe thể thao. Công nghệ này tiên tiến hơn nhiều so với đúc đất sét, do đúc đất sét không có bộ nhớ hay trí thông minh. Vật được lập trình có trí thông minh, có thể nhớ hình dạng trước đó, thích nghi với những ý tưởng mới, và đáp ứng mong muốn của các nhà thiết kế. Một khi khuôn được hoàn thành, thiết kế đơn giản có thể được gửi qua email cho hàng ngàn nhà thiết kế khác để tạo ra các bản sao chính xác.

Điều này có thể có ảnh hưởng sâu sắc đến các sản phẩm tiêu dùng. Ví dụ, đồ chơi có thể được lập trình để thay đổi hình dạng bằng cách chèn các hướng dẫn phần mềm mới. Vì vậy, người ta chỉ cần tải phần mềm cho một món đồ chơi Giáng sinh mới, lập trình lại đồ chơi cũ, và một món đồ chơi hoàn toàn mới xuất hiện. Trẻ em có thể ăn mừng Giáng sinh không phải bằng cách mở quà dưới gốc cây mà bằng cách tải phần mềm cho món đồ chơi yêu thích mà ông già Noel gửi qua email, và các catom đồ chơi năm trước trở thành món hàng gây sốt thị trường. Điều này có nghĩa rằng một loạt các sản phẩm tiêu dùng cuối cùng có thể được chuyển thành các chương trình phần mềm được gửi qua Internet. Thay vì nhận đồ đạc và thiết bị mới từ xe tải, bạn có thể chỉ cần tải phần mềm từ trên mạng và tái chế các sản phẩm cũ. Việc cải tạo nhà cửa và căn hộ sẽ không còn là công việc vặt nhàm chán nữa với vật được lập trình. Trong nhà bếp, thay thế gạch, bàn, đồ gia dụng và tủ có thể chỉ cần đơn giản nhấn một nút.

Ngoài ra, điều này có thể giảm thiểu rác thải. Bạn không cần phải ném đi nhiều thứ không mong muốn nếu có thể tái lập trình chúng. Nếu một thiết bị hoặc một mảnh đồ nội thất bị vỡ, bạn chỉ phải lập trình lại và nó lại trông như mới.

Bất chấp lời hứa hẹn to tát của mình, đội ngũ Intel còn phải đối mặt với rất nhiều vấn đề. Một là làm thế nào để phối hợp các chuyển động của hàng triệu catom này. Sẽ có vấn đề về băng thông khi cố gắng tải tất cả thông tin này lên vật được lập trình. Nhưng cũng có thể sử dụng những lối tắt.

Ví dụ, trong các bộ phim khoa học viễn tưởng, "biến hình", nghĩa là một người đột nhiên biến thành quái vật. Đây từng là một vấn đề phức tạp, tẻ nhạt của quá trình làm phim, nhưng hiện nay có thể thực hiện dễ dàng bằng máy tính. Đầu tiên, bạn xác định một số vectơ đánh dấu các điểm chính khác nhau trên khuôn mặt, như mũi và mắt, cho cả người và quái vật. Mỗi lần di chuyển một vectơ, khuôn mặt dần thay đổi. Sau đó, các máy tính được lập trình để di chuyển các vectơ này, từ từ thay đổi khuôn mặt thành một khuôn mặt khác. Tương tự, có thể sử dụng cách đi tắt khi thay đổi hình dạng đối tượng 3-D.

Một vấn đề khác là lực tĩnh điện giữa các catom yếu khi so sánh với lực tương tác giữa các nguyên tử tạo nên phần lớn các chất rắn. Như chúng ta đã thấy, lực lượng tử có thể khá mạnh, hình thành các đặc tính cứng của kim loại và tính đàn hồi của nhựa. Nhân đôi lực lượng tử với lực tĩnh điện để đảm bảo rằng các sản phẩm này vẫn ổn định sẽ là một vấn đề trong tương lai.

Tôi từng chứng kiến tận mắt những tiến bộ đáng chú ý, nhanh chóng của lập trình khi tham gia đoàn làm phim của kênh Science Channel đến thăm Seth Goldstein tại Đại học Carnegie Mellon. Trong phòng thí nghiệm của ông, những đống hình khối lớn nằm rải rác khắp bàn với đủ kích cỡ, mỗi khối đều có chip bên trong. Hai trong số những khối này được liên kết chặt chẽ nhờ lực điện, và Goldstein yêu cầu tôi cố tách chúng ra bằng tay. Đáng ngạc nhiên là tôi không thể.

Tôi thấy các lực điện liên kết hai khối này khá mạnh. Sau đó, ông chỉ ra các lực điện sẽ tương ứng lớn hơn nếu thu nhỏ các hình khối. Ông đưa tôi đến một phòng thí nghiệm khác, và chỉ cho tôi thấy những catom này nhỏ đến cỡ nào. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật tương tự để khắc hàng triệu bóng bán dẫn trên các tấm silic, ông có thể khắc ra các catom có kích thước chỉ cỡ milimet. Chúng quá nhỏ đến nỗi tôi phải dùng kính hiển vi để nhìn cho rõ. Ông hy vọng khi thao tác lực điện, chúng sắp xếp theo bất kỳ hình dạng nào bằng một nút nhấn, gần giống như một phù thủy triệu hồi bất cứ thứ gì.

Sau đó, tôi hỏi ông, làm thế nào để đưa ra hướng dẫn chi tiết cho hàng tỷ, hàng tỷ catom, ví dụ như một tủ lạnh đột nhiên biến thành lò nướng? Tôi trả lời rằng nó có vẻ như một cơn ác mộng lập trình. Nhưng ông nói không nhất thiết phải đưa ra hướng dẫn chi tiết cho từng catom đơn lẻ. Mỗi catom chỉ cần phải biết những người hàng xóm mà nó phải đính kèm. Nếu mỗi catom được chỉ thị gắn kết với một tập hợp nhỏ các catom lân cận, thì các catom sẽ tự sắp xếp lại thành các cấu trúc phức tạp (giống như các tế bào thần kinh não của em bé cần biết cách gắn bản thân vào các tế bào thần kinh lân cận khi não phát triển).

Giả sử vấn đề lập trình và ổn định có thể được giải quyết, thì vào cuối thế kỷ, toàn bộ các tòa nhà hoặc thậm chí là các thành phố có thể mọc lên khi ấn nút. Người ta chỉ cần đặt ra vị trí của các tòa nhà, đào móng, và cho phép hàng tỷ tỷ catom tạo ra toàn bộ các thành phố mọc lên từ sa mạc hay rừng rậm.

Tuy nhiên, các kỹ sư Intel hình dung ra ngày mà các catom thậm chí có thể mang hình dạng con người. "Tại sao không? Đó là một suy đoán thú vị." Rattner nói. (Có lẽ như thế thì robot T-1000 mới có thể trở thành hiện thực.)

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

MỤC TIÊU: THIẾT BỊ SAO CHÉP

Đến năm 2100, những người ủng hộ công nghệ nano sẽ hình dung ra một cỗ máy mạnh mẽ hơn nữa: một thiết bị lắp ráp phân tử, hay "máy sao chép", có khả năng tạo ra vạn vật. Nó là một cỗ máy có kích cỡ như một cái máy giặt. Bạn sẽ đặt các nguyên liệu cơ bản vào máy và ấn nút. Hàng nghìn nghìn tỷ nanobot sau đó sẽ hội tụ trên các nguyên liệu thô, mỗi nanobot được lập trình để tháo rời từng phân tử và sau đó ráp lại thành một sản phẩm hoàn toàn mới. Máy này sẽ có thể sản xuất bất cứ thứ gì. Máy sao chép sẽ là thành tựu đỉnh cao của kỹ thuật và khoa học, đỉnh cao cuối cùng trong cuộc đấu tranh của con người kể từ khi chúng ta biết sử dụng những công cụ đầu tiên từ thời tiền sử.

Vấn đề với chiếc máy này là số lượng nguyên tử tuyệt đối phải được sắp xếp lại để sao chép đối tượng. Ví dụ, cơ thể con người có hơn 50 nghìn tỷ tế bào và hơn 10^{26} nguyên tử. Đó là một con số khổng lồ, đòi hỏi một bộ nhớ lớn chỉ để lưu trữ vị trí của tất cả các nguyên tử.

Cách để khắc phục vấn đề này là tạo ra một nanobot, một robot phân tử giả thuyết. Nanobot có một số thuộc tính quan trọng. Đầu tiên, chúng có thể tự nhân bản. Nếu chúng nhân bản một lần, về nguyên tắc, chúng có thể tạo ra một số lượng bản sao không giới hạn. Vì vậy, ta chỉ cần tạo ra nanobot đầu tiên. Thứ hai, chúng có khả năng xác định và tách các phân tử ở những điểm chính xác. Thứ ba, bằng cách làm theo một mã chủ, chúng có khả năng sắp xếp các nguyên tử thành những cấu hình khác nhau. Vì vậy, nhiệm vụ sắp xếp lại 10^{26} nguyên tử trở thành tạo ra một số lượng nanobot tương ứng, mỗi nanobot được thiết kế để thao tác các nguyên tử riêng lẻ. Bằng cách này, số lượng nguyên tử tuyệt đối của cơ thể không còn là một trở ngại khó khăn nữa. Vấn đề thực sự chỉ là tạo ra một nanobot huyền thoại và để cho nó tự nhân bản.

Tuy nhiên, cộng đồng khoa học chia làm nhiều phe xung quanh câu hỏi liệu giấc mơ đầy đủ về một máy chế tạo nano có thể trở thành hiện thực. Một vài người, như Eric Drexler, người tiên phong trong công nghệ nano và là tác giả của *The Engines of Creation* (Động cơ sáng tạo), hình dung một tương lai mà tất cả các sản phẩm được sản xuất ở cấp độ phân tử, tạo ra lượng hàng hóa dồi dào mà ngày nay chúng ta chỉ có thể mơ ước. Mọi khía cạnh xã hội sẽ bị đảo lộn bởi cỗ máy tạo ra vạn vật. Tuy nhiên, các nhà khoa học khác thì hoài nghi.

Ví dụ, nhà khoa học đoạt giải Nobel Richard Smalley đã nêu vấn đề "ngón tay dính" và "ngón tay béo" trong một bài báo xuất bản ở tạp chí *Scientific American* (Tạp chí Khoa học Mỹ) năm 2001. Câu hỏi chính là: Có thể xây dựng một nanobot phân tử đủ nhanh để sắp xếp lại phân tử theo ý muốn? Ông cho rằng câu trả lời là không thể.

Cuộc tranh luận nổ ra khi Smalley phản biện lại Drexler trong một loạt thư từ được in lại trên tờ *Chemical and Engineering News* từ năm 2003 đến năm 2004. Ảnh hưởng của cuộc tranh luận này vẫn còn đến ngày nay. Luận điểm của Smalley là "những ngón tay" của một cỗ máy phân tử sẽ không thể thực hiện nhiệm vụ tinh tế này vì hai lý do.

Đầu tiên, các "ngón tay" sẽ phải đối mặt với lực hấp dẫn nhỏ bé có thể khiến chúng dính vào các phân tử khác. Một phần, các nguyên tử dính vào nhau do lực điện nhỏ, giống như lực van der Waals, tồn tại giữa các electron. Hãy nghĩ đến việc cố gắng sửa chữa đồng hồ với cái nhíp phủ đầy mật ong. Lắp ráp bất cứ thứ gì tinh tế như các chi tiết đồng hồ là không thể. Bây giờ hãy tưởng tượng lắp ráp một vật thậm chí còn phức tạp hơn một chiếc đồng hồ, giống như một phân tử, liên tục dính vào ngón tay của bạn.

Thứ hai, những ngón tay này có thể quá "mập" để thao tác với các nguyên tử. Hãy nghĩ đến việc cố gắng sửa chiếc đồng hồ khi bạn đeo găng tay cotton dày. Vì "ngón tay" được làm từ các nguyên tử riêng lẻ, cũng như các vật thể bị thao tác, nên chúng có thể đơn giản là quá dày để thực hiện các thao tác tinh tế cần thiết.

Smalley kết luận: "Giống như không thể khiến một chàng trai và một cô gái yêu nhau bằng cách đẩy họ lại với nhau, bạn không thể làm cho phản ứng hóa học chính xác xảy ra như mong muốn giữa hai vật thể phân tử với chuyển động cơ học đơn giản... Hóa học, giống như tình yêu, tinh tế hơn thế."

Cuộc tranh luận này đi vào cốt lõi của việc liệu ngày nào đó một máy sao chép sẽ cách mạng hóa xã hội hay chỉ là sự tò mò và cuối cùng chỉ còn nằm trong thùng rác công nghệ. Như đã thấy, các định luật vật lý trong thế giới của chúng ta không dễ dàng áp dụng cho vật lý của thế giới nano. Các hiệu ứng mà chúng ta có thể bỏ qua, chẳng hạn như lực van der Waals, sức căng bề mặt, nguyên lý bất định, nguyên tắc loại trừ Pauli... chiếm ưu thế trong thế giới nano.

Để đánh giá toàn diện vấn đề này, hãy tưởng tượng nguyên tử có kích thước của một viên đá cẩm thạch và bạn có một hồ bơi đầy những nguyên tử này. Nếu bạn rơi vào hồ bơi, nó sẽ hoàn toàn khác với việc rơi xuống một hồ nước. Những "viên bi" này sẽ liên tục rung và đánh bạn từ mọi hướng, do chuyển động Brown. Cố gắng bơi trong hồ bơi này sẽ gần như không thể, vì sẽ giống như cố gắng bơi trong mật đường. Mỗi khi cố gắng lấy một viên bi, nó sẽ di chuyển ra khỏi bạn hoặc dính vào ngón tay bạn, do sự kết hợp phức tạp của các lực.

Cuối cùng, cả hai nhà khoa học đều đồng thuận phản đối. Mặc dù Smalley đã không thể giáng một cú nốc ao phản bác lại các máy sao chép phân tử, nhưng nhiều điều đã trở nên rõ ràng sau khi tranh cãi lắng xuống. Đầu tiên, cả hai đều đồng ý rằng ý tưởng ngây thơ về một nanobot được trang bị nhíp phân tử cắt và dán các phân tử cần được sửa đổi. Các lực lượng tử mới sẽ chiếm ưu thế ở quy mô nguyên tử.

Thứ hai, mặc dù máy sao chép này hay máy chế tạo phổ quát, là chuyện viễn tưởng ngày nay, nhưng một phiên bản của nó đã tồn tại. Ví dụ, Mẹ Thiên Nhiên đã lấy bánh mì kẹp thịt và rau cải rồi biến chúng thành một em bé chỉ trong chín tháng. Quá trình này được thực hiện bởi ADN (mã hóa bản vẽ chi tiết chế tạo em bé) hướng dẫn các

hoạt động của ribosome (cắt và ghép các phân tử theo thứ tự đúng) bằng cách sử dụng các protein và axit amin có trong thức ăn của bạn.

Và thứ ba, một thiết bị lắp ráp phân tử có thể hoạt động, nhưng ở phiên bản phức tạp hơn. Như Smalley chỉ ra, chưa chắc có phản ứng xảy ra khi đưa hai nguyên tử lại gần nhau. Mẹ Thiên Nhiên thường khắc phục vấn đề này bằng cách dùng bên thứ ba, một loại dung dịch enzyme, để tạo điều kiện cho phản ứng hóa học. Smalley đã chỉ ra rằng nhiều hóa chất được tìm thấy trong máy tính và ngành công nghiệp điện tử không thể hòa tan trong nước. Nhưng Drexler phản đối rằng không phải mọi phản ứng hóa học đều liên quan đến nước hay enzyme.

Một khả năng khác là tự lắp ráp, hay cách tiếp cận từ dưới lên. Từ thời cổ đại, con người đã sử dụng cách tiếp cận từ trên xuống trong xây dựng. Với các công cụ như búa và cưa, bạn bắt đầu cắt gỗ và sau đó ghép lại với nhau để tạo ra các kết cấu lớn hơn như một ngôi nhà. Bạn phải hướng dẫn tỉ mỉ từng bước xây dựng từ trên xuống.

Trong cách tiếp cận từ dưới lên, mọi thứ tự lắp ráp. Ví dụ, trong tự nhiên, những bông tuyết đẹp lung linh đều tự kết tinh trong một cơn dông bão. Hàng nghìn tỷ tỷ nguyên tử sắp xếp lại để tạo ra các hình dạng mới lạ. Không ai phải thiết kế từng bông tuyết. Điều này thường xảy ra trong các hệ thống sinh học. Ribosome vi khuẩn, hệ thống phân tử phức tạp chứa ít nhất năm mươi lăm phân tử protein khác nhau và một số phân tử ARN, có thể tự lắp ráp trong ống nghiệm.

Tự lắp ráp cũng được sử dụng trong ngành công nghiệp bán dẫn. Các thành phần của bóng bán dẫn đôi khi tự lắp ráp. Bằng cách áp dụng nhiều kỹ thuật và quy trình phức tạp trong một trình tự chính xác (tôi, kết tinh, polyme hóa, lắng đọng hơi, đông cứng...), người ta có thể sản xuất nhiều thành phần máy tính có giá trị thương mại. Như chúng ta đã thấy trước đó, một loại hạt nano nào đó được sử dụng để chống lại các tế bào ung thư có thể được tạo ra bằng phương pháp này.

Tuy nhiên, hầu hết mọi thứ không tự tạo ra. Nhìn chung, chỉ một phần nhỏ các vật liệu nano có khả năng tự lắp ráp đúng cách. Bạn

không thể ra lệnh cho một máy nano tự lắp ráp như thể gọi món từ thực đơn. Vì vậy, tiến bộ trong việc tạo ra các máy nano theo cách này sẽ ổn định nhưng chậm.

Tóm lại, các thiết bị lắp ráp phân tử dường như không vi phạm các định luật vật lý, nhưng sẽ cực kỳ khó xây dựng. Nanobot hiện nay chưa tồn tại, và sẽ không tồn tại trong tương lai gần, nhưng ngay khi (và nếu) nanobot đầu tiên được sản xuất thành công, nó có thể làm thay đổi xã hội như chúng ta đã thấy.

TẠO RA MỘT MÁY SAO CHÉP

Một thiết bị sao chép có thể trông ra sao? Không ai biết chính xác, vì còn phải mất từ hàng chục đến cả trăm năm nữa, chúng ta mới tạo ra được nó. Nhưng tôi đã cảm nhận được khi kiểm tra đầu mình (theo nghĩa đen). Trong một chương trình của Science Channel, họ tạo ra một bản sao 3-D khuôn mặt của tôi từ nhựa bằng cách quét ngang một chùm tia laser qua mặt. Khi chùm tia bật ra khỏi da tôi, tia phản xạ được ghi lại bởi một cảm biến đưa hình ảnh vào máy tính. Sau đó, chùm tia được chiếu một lần nữa trên mặt tôi, nhưng hơi thấp hơn. Cuối cùng, nó quét toàn bộ khuôn mặt, chia thành nhiều lát cắt ngang. Nhìn vào màn hình máy tính, bạn có thể thấy hình ảnh 3-D khuôn mặt tôi hiện lên, với độ chính xác có lẽ là một phần mười milimet, tạo nên từ các lát cắt ngang này.

Sau đó, thông tin này được đưa vào một thiết bị lớn, có kích thước như một cái tủ lạnh, có thể tạo ra hình ảnh 3-D bằng nhựa của hầu hết mọi thứ. Thiết bị này có một kim phun nhỏ di chuyển theo chiều ngang, đưa qua đưa lại nhiều lượt. Ở mỗi lượt, nó phun ra một lượng nhỏ nhựa nóng chảy, nhân bản hình ảnh laser khuôn mặt tôi ban đầu. Sau khoảng mười phút và rất nhiều lượt, khuôn xuất hiện từ cỗ máy này, có nét tương đồng kỳ lạ với khuôn mặt tôi.

Ứng dụng thương mại của công nghệ này là rất lớn, vì bạn có thể tạo ra một bản sao thực tế của bất kỳ đối tượng 3-D nào chỉ trong vài

phút, chẳng hạn như các bộ phận máy phức tạp. Tuy nhiên, sau vài thập kỷ đến vài thế kỷ tính từ thời điểm hiện tại, ta có thể tưởng tượng một thiết bị có thể tạo ra bản sao 3-D của một vật thể thực ở cấp độ tế bào và nguyên tử.

Ở cấp độ tiếp theo, có thể sử dụng máy quét 3-D để tạo ra các cơ quan sống của con người. Tại Đại học Wake Forest, các nhà khoa học đã có một bước đột phá khi tạo ra mô tim sống bằng máy in phun. Đầu tiên, họ phải viết cẩn thận một chương trình phần mềm liên tục phun ra các tế bào tim sống mỗi khi kim phun di chuyển một lượt. Để làm việc này, họ sử dụng một máy in phun mực bình thường nhưng có gắn hộp mực chứa đầy hỗn hợp chất lỏng chứa tế bào tim sống. Bằng cách này, họ có thể kiểm soát vị trí 3-D chính xác của mỗi tế bào. Sau nhiều lượt, họ thực sự có thể tạo ra các lớp mô tim.

Một thiết bị khác mà một ngày nào đó có thể ghi lại vị trí của mọi nguyên tử trong cơ thể chúng ta: máy quét cộng hưởng từ. Như đã biết, độ chính xác của quét cộng hưởng từ là khoảng một phần mười milimet. Có nghĩa mỗi điểm ảnh của một lần quét cộng hưởng từ độ nhạy cao có thể chứa hàng ngàn tế bào. Nhưng nếu kiểm tra nguyên lý vật lý của cộng hưởng từ, bạn sẽ thấy độ chính xác của hình ảnh co liên quan đến tính đồng nhất của từ trường bên trong máy. Do đó, bằng cách làm cho từ trường ngày càng đồng nhất, độ chính xác của phương pháp này thậm chí có thể đạt tới dưới một phần mười milimet.

Các nhà khoa học đang hình dung ra một loại máy quét cộng hưởng từ với độ phân giải xuống đến kích thước tế bào, và thậm chí nhỏ hơn, có thể quét phân tử và nguyên tử riêng lẻ.

Tóm lại, một thiết bị sao chép không vi phạm các định luật vật lý, nhưng sẽ khó tạo ra bằng cách sử dụng tự lắp ráp. Vào cuối thế kỷ này, khi các kỹ thuật tự lắp ráp cuối cùng đã nhuần nhuyễn, chúng ta có thể nghĩ về các ứng dụng thương mại của các thiết bị sao chép.

GIẢ THUYẾT CHẤT NHỜN XÁM (GRAYGOO)?

Một số người, kể cả Bill Joy, người sáng lập Sun Microsystems, vẫn hoài nghi về công nghệ nano, cho rằng đó chỉ là vấn đề thời gian trước khi công nghệ này phát triển không kiểm soát, nuốt chửng tất cả khoáng chất trên Trái đất, và tạo ra "chất nhờn xám" vô dụng. Ngay cả Hoàng tử Charles của nước Anh đã lên tiếng chống lại công nghệ nano và kịch bản graygoo[1].

Sự nguy hiểm nằm trong thuộc tính quan trọng của những nanobot này: chúng có thể tự sinh sôi. Giống như một loại virus, chúng không thể bị thu hồi khi được thả vào môi trường. Cuối cùng, chúng có thể sinh sôi nảy nở, chiếm lấy môi trường và phá hủy Trái đất.

Niềm tin của riêng tôi là sẽ cần nhiều thập kỷ đến nhiều thế kỷ trước khi công nghệ này đủ trưởng thành để tạo ra một thiết bị sao chép, vì vậy mối lo ngại về graygoo là quá sớm. Trong khi đó, sẽ có nhiều thời gian để thiết kế các biện pháp chống lại nanobot phát triển không kiểm soát. Ví dụ, người ta có thể thiết kế một hệ thống không an toàn để chỉ cần nhấn nút sẽ vô hiệu hóa được mọi nanobot. Hoặc người ta có thể thiết kế "robot tiêu diệt", được thiết kế đặc biệt để tìm kiếm và tiêu diệt các nanobot mất kiểm soát.

Một cách khác để giải quyết vấn đề này là nghiên cứu Mẹ Tự Nhiên, vốn đã có hàng tỷ năm kinh nghiệm. Thế giới của chúng ta có đầy đủ các dạng sống phân tử tự sao chép, chính là virus và vi khuẩn, có thể sinh sôi nảy nở ngoài tầm kiểm soát, thậm chí đột biến. Tuy nhiên, cơ thể con người cũng đã tạo ra "nanobot" của riêng mình, kháng thể và các tế bào bạch cầu trong hệ thống miễn dịch tìm kiếm và tiêu diệt các dạng sống lạ. Hệ thống này không hoàn hảo, nhưng nó cung cấp một mô hình để xử lý vấn đề nanobot ngoài tầm kiểm soát này.

---

1. Giả thuyết chất nhờn xám (Gray goo) là một kịch bản ngày tận thế liên quan đến công nghệ nano phân tử, trong đó các robot nano tự tái tạo tiêu thụ tất cả vật chất trên Trái đất để phát triển số lượng.

TÁC ĐỘNG XÃ HỘI CỦA CÁC THIẾT BỊ SAO CHÉP

Trong một chương trình cho kênh BBC/Discovery mà tôi từng dẫn, Joel Garreau, tác giả của *Radical Evolution* (Tiến hóa căn bản) nói: "Nếu tự lắp ráp có thể trở thành hiện thực, thì đó sẽ là một trong những khoảnh khắc vĩ đại của lịch sử. Sau đó sẽ là lúc thế giới thay đổi thành thứ chưa từng có."

Người xưa có câu: Hãy cẩn thận với những điều ước của mình, bởi ngày nào đó, nó có thể trở thành sự thật. Mục tiêu của công nghệ nano là tạo ra bộ lắp ráp phân tử, hay thiết bị sao chép, nhưng một khi được phát minh, nó có thể thay đổi chính nền tảng xã hội. Tất cả các triết lý và hệ thống xã hội cuối cùng đều dựa trên sự khan hiếm và nghèo đói. Trong suốt lịch sử loài người, đây là chủ đề thống trị trong xã hội, định hình văn hóa, triết học và tôn giáo. Trong một số tôn giáo, thịnh vượng được xem như một phần thưởng thiêng liêng và nghèo đói chỉ là sự trừng phạt. Ngược lại, Phật giáo dựa trên bản chất phổ quát của đau khổ và cách chúng ta đối phó với nó. Trong Kitô giáo, Tân ước viết: "Lạc đà đi qua lỗ mũi kim còn dễ hơn là một người giàu có vào nước Đức Chúa trời."

Bản thân sự phân bố giàu nghèo cũng làm nên xã hội. Chủ nghĩa phong kiến dựa trên sự duy trì giàu có của một số ít quý tộc và nghèo đói của đại đa số nông dân. Chủ nghĩa tư bản dựa trên ý tưởng những người xông xáo, làm việc hiệu quả hưởng thành quả nhờ mở công ty và trở nên giàu có. Nhưng nếu những người lười biếng, làm việc không hiệu quả nhận được nhiều như họ muốn mà không phải làm gì chỉ bằng cách nhấn nút, thì chủ nghĩa tư bản không còn hiệu lực nữa. Thiết bị sao chép sẽ phá hủy kết cấu xã hội, làm đảo lộn quan hệ. Sự khác biệt giữa những người sở hữu và không sở hữu có thể biến mất, và cùng với đó là khái niệm về địa vị và quyền lực chính trị.

Câu hỏi hóc búa này được khám phá trong một tập phim *Du hành giữa các vì sao: Thế hệ tiếp theo*, một tàu vũ trụ từ thế kỷ 20 được tìm thấy trôi nổi bên ngoài không gian. Bên trong con tàu là cơ thể

đông lạnh của những người bị bệnh nan y trong khoảng thời gian đó, hy vọng được hồi sinh trong tương lai. Các bác sĩ của tàu không gian *Enterprise* nhanh chóng chữa trị và hồi sinh họ. Những người may mắn này rất ngạc nhiên khi vụ đánh cược số phận được đền đáp, nhưng một trong số họ là một nhà tư bản khôn ngoan. Điều đầu tiên anh ta hỏi là: Đây là thời nào? Khi phát hiện ra mình đang sống trong thế kỷ 24, anh ta nhanh chóng nhận ra các khoản đầu tư của mình ngày nay có giá cả một gia tài. Anh ta lập tức yêu cầu liên lạc với chủ ngân hàng của mình trên Trái đất. Nhưng phi hành đoàn tàu *Enterprise* hoang mang. Tiền bạc? Đầu tư? Những điều này không tồn tại trong tương lai. Trong thế kỷ 24, bạn chỉ cần yêu cầu cái gì đó, và sẽ có nó.

Điều này cũng đặt câu hỏi về việc tìm kiếm xã hội hoàn hảo, hay xã hội không tưởng (utopia), một từ được đặt ra trong tiểu thuyết *Utopia* (Xã hội không tưởng) của Sir Thomas More vào năm 1516. Giữa cơn khủng hoảng bởi sự đau khổ và nghèo đói, ông hình dung ra một thiên đường trên hòn đảo hư cấu ở Đại Tây Dương. Vào thế kỷ 19, nhiều phong trào xã hội ở châu Âu đã tìm kiếm các hình thức không tưởng, và nhiều người đã tìm được nơi ẩn náu bằng cách trốn sang Mỹ, nơi ngày nay vẫn còn dấu vết các khu định cư.

Một mặt, một thiết bị sao chép có thể cho chúng ta xã hội không tưởng như đã từng được hình dung bởi những người nhìn xa trông rộng trong thế kỷ 19. Các thí nghiệm trước đây về xã hội không tưởng hoàn toàn thất bại do sự thiếu thốn, dẫn đến sự bất bình đẳng, sau đó tranh chấp và cuối cùng sụp đổ. Nhưng nếu thiết bị sao chép giải quyết vấn đề thiếu thốn, thì có lẽ xã hội không tưởng là trong tầm tay. Nghệ thuật, âm nhạc và thơ ca sẽ phát triển, mọi người sẽ được tự do khám phá những giấc mơ và điều ước thầm kín của mình.

Mặt khác, nếu thiếu yếu tố thúc đẩy sự khan hiếm và tiền bạc, xã hội có thể tự hủy hoại, thoái hóa cùng cực. Chỉ có một số ít, với nhiều động lực nghệ thuật nhất, sẽ cố gắng làm thơ. Những người còn lại, các nhà phê bình, sẽ trở thành những kẻ tha thẩn và biếng nhác.

Ngay cả các định nghĩa được sử dụng bởi những người theo chủ nghĩa xã hội không tưởng cũng gây tranh cãi. Ví dụ, tôn chỉ của chủ nghĩa xã hội là: "Làm theo năng lực, hưởng theo lao động". Tôn chỉ của chủ nghĩa cộng sản, giai đoạn cao nhất của chủ nghĩa xã hội là: "Làm theo năng lực, hưởng theo nhu cầu".

Nhưng nếu thiết bị sao chép trở thành hiện thực, thì tôn chỉ đơn giản trở thành: "Hưởng theo mong muốn."

Tuy nhiên, có một cách thứ ba để xem xét vấn đề này. Theo Nguyên lý Người Thượng Cổ, tính cách cơ bản của con người không thay đổi nhiều trong vòng 100.000 năm qua. Vào thời đó, không tồn tại khái niệm công việc. Các nhà nhân học nói rằng xã hội nguyên thuỷ phần lớn có tính làng xã, chia sẻ hàng hóa và gian khổ như nhau. Nhịp điệu cuộc sống hằng ngày không bị chi phối bởi công việc và trả tiền, vì cả hai khái niệm này đều không tồn tại.

Tuy nhiên, con người thời đó không thể lười biếng vì nhiều lý do. Đầu tiên, họ có thể sẽ chết đói. Những người không cùng làm việc sẽ bị ném ra khỏi bộ lạc và họ sẽ chết sớm. Thứ hai, mọi người đều tự hào về công việc của mình, và thậm chí tìm thấy ý nghĩa trong công việc của họ. Thứ ba, tồn tại một áp lực xã hội to lớn nhằm duy trì thành viên hữu ích của xã hội. Các cá nhân lao động hiệu quả có thể kết hôn để truyền gen của họ vào thế hệ tiếp theo, trong khi các gen của những kẻ lười biếng thường chết cùng họ.

Vậy tại sao con người sẽ sống một cuộc sống hiệu quả hơn khi phát minh ra thiết bị sao chép và mọi người có thể có bất cứ thứ gì họ muốn? Trước hết, thiết bị sao chép đảm bảo rằng không ai chết đói. Nhưng thứ hai, hầu hết mọi người sẽ vẫn tiếp tục làm việc vì họ tự hào về kỹ năng của mình và tìm thấy ý nghĩa trong lao động. Nhưng lý do thứ ba, áp lực xã hội, khó duy trì hơn mà không vi phạm quyền tự do cá nhân. Thay vì áp lực xã hội, có lẽ sẽ có một sự thay đổi lớn trong giáo dục để thay đổi thái độ của con người đối với công việc và phần thưởng, để thiết bị sao chép không bị lạm dụng.

May mắn thay, vì tiến trình này sẽ diễn ra chậm và thiết bị sao chép còn cách chúng ta cả thế kỷ, xã hội sẽ có nhiều thời gian để tranh luận về giá trị và tác động của công nghệ này cũng như điều chỉnh theo thực tế mới để xã hội không tan rã.

Những thiết bị sao chép đầu tiên có thể sẽ vô cùng đắt đỏ. Chuyên gia về robot của MIT, Rodney Brooks nói: "Công nghệ nano sẽ phát triển mạnh, gần giống như công nghệ quang khắc – áp dụng cho những trường hợp đắt và được kiểm soát hơn là công nghệ thị trường đại chúng tự do." Vấn đề của hàng hóa miễn phí không giới hạn sẽ không quá khó khăn. Với sự tinh tế của các máy này, có thể sẽ mất nhiều thập kỷ để giảm giá thành sau khi những chiếc máy đầu tiên được tạo ra.

Tôi đã từng có một cuộc trò chuyện thú vị với Jamais Cascio, nhà tương lai học hàng đầu với một sự nghiệp dài trăn trở về tương lai. Đầu tiên, ông nói đang nghi ngờ lý thuyết kỳ dị được đề cập trong Chương 2, vì bản chất con người và động lực xã hội quá lộn xộn, phức tạp và không thể đoán trước để phù hợp với một lý thuyết đơn giản. Nhưng ông cũng thừa nhận những tiến bộ đáng kể trong công nghệ nano cuối cùng có thể tạo ra một xã hội dư thừa hàng hóa, đặc biệt là với các thiết bị sao chép và robot. Vì vậy, tôi hỏi ông: Xã hội sẽ hành xử như thế nào khi hàng hóa gần như miễn phí, khi xã hội cuối cùng trở nên giàu có đến mức không cần làm việc?

Ông cho rằng có hai điều có thể xảy ra. Đầu tiên, xã hội sẽ đủ giàu để đảm bảo mức thu nhập tối thiểu cho mọi người, ngay cả khi họ không làm việc. Vì vậy, có lẽ một phần nhỏ dân số sẽ trở thành những người lười biếng vĩnh viễn. Ông dự đoán một mạng lưới an toàn vĩnh viễn cho xã hội. Điều này có thể là không mong muốn, nhưng không thể tránh khỏi, đặc biệt là nếu thiết bị sao chép và robot đáp ứng mọi nhu cầu vật chất của con người. Thứ hai, điều này sẽ được bù lại bằng một cuộc cách mạng trong tinh thần kinh doanh. Tự do thoát khỏi nỗi sợ rơi vào cảnh nghèo đói, những người siêng năng hơn sẽ chủ động

hơn và chịu thêm rủi ro để tạo ra những ngành nghề mới, cơ hội mới cho những người khác. Ông dự đoán một sự phục hưng mới của xã hội, vì tinh thần sáng tạo đã được giải phóng khỏi nỗi sợ phá sản.

Trong lĩnh vực vật lý, hầu hết chúng tôi tham gia không phải vì tiền mà vì niềm vui tuyệt đối của khám phá và đổi mới. Chúng tôi bỏ qua các công việc hấp dẫn khác để theo đuổi giấc mơ, chứ không phải là vì tiền. Các nghệ sĩ và trí thức tôi biết cũng cảm nhận theo cùng một cách – rằng mục tiêu của họ không phải là tích tiền trong tài khoản mà là sáng tạo và thể hiện tinh thần con người.

Cá nhân tôi cho rằng, nếu năm 2100 xã hội giàu có đến mức tràn ngập của cải vật chất, xã hội có thể phản ứng theo cách tương tự. Một phần nhỏ dân số sẽ hình thành một nhóm người thường xuyên từ chối làm việc. Những người khác có thể được giải phóng khỏi hạn chế của đói nghèo, theo đuổi thành tựu khoa học và nghệ thuật sáng tạo. Đối với họ, niềm vui tuyệt đối của việc sáng tạo, đổi mới và nghệ thuật sẽ lớn hơn sự quyến rũ của vật chất. Nhưng đa số sẽ tiếp tục làm việc và trở nên hữu ích đơn giản chỉ vì đó là một phần của di sản di truyền, Nguyên lý Người Thượng Cổ bên trong mỗi chúng ta.

Nhưng có một vấn đề mà ngay cả những thiết bị sao chép cũng không thể giải quyết được. Đó là vấn đề năng lượng. Tất cả những công nghệ kỳ diệu này cần lượng năng lượng khổng lồ để điều khiển. Năng lượng này sẽ đến từ đâu?

> Thời kỳ đồ đá đã không kết thúc vì thiếu đá. Và thời đại dầu sẽ sớm kết thúc trước khi thế giới cạn kiệt dầu.
>
> —JAMES CANTON

> Theo tôi, (nhiệt hạch) cũng giống như món quà lửa ban đầu ở thời tiền sử.
>
> —BEN BOVA

5 TƯƠNG LAI CỦA NĂNG LƯỢNG *Năng lượng từ các ngôi sao*

Các ngôi sao là nguồn năng lượng của các vị thần. Khi cưỡi trên cỗ xe của những con ngựa thở ra lửa băng qua bầu trời, thần Apollo chiếu sáng bầu trời và mặt đất với sức mạnh vô hạn của Mặt trời. Sức mạnh của Apollo được so sánh với Zeus. Một lần, khi Semele, người tình của Zeus, cầu xin được nhìn thấy hình dạng thật của ngài, Zeus miễn cưỡng đồng ý. Kết quả là năng lượng vũ trụ chói lòa từ ngài đã thiêu cháy nàng thành tro bụi.

Trong thế kỷ này, chúng ta sẽ khai thác sức mạnh của các ngôi sao, nguồn năng lượng của các vị thần. Trong ngắn hạn, điều này mở ra một kỷ nguyên năng lượng mặt trời/hydro để thay thế nhiên liệu hóa thạch. Nhưng về lâu dài, đó là khai thác sức mạnh của nhiệt hạch, thậm chí năng lượng mặt trời từ ngoài không gian. Những tiến bộ khác trong vật lý có thể mở ra kỷ nguyên từ tính, nhờ đó xe hơi, xe lửa, thậm chí ván trượt sẽ trôi nổi trên tấm đệm từ giữa không trung. Tiêu thụ năng lượng của con người có thể giảm đáng kể vì hầu như năng lượng dùng cho xe hơi và xe lửa chỉ để vượt qua ma sát của mặt đường.

HỒI KẾT CỦA DẦU MỎ?

Ngày nay, hành tinh của chúng ta gắn kết hoàn toàn với nhiên liệu hóa thạch dưới dạng dầu, khí thiên nhiên và than đá. Tổng cộng, thế giới tiêu thụ khoảng 14 nghìn tỷ watt điện, trong đó 33% đến từ dầu mỏ, 25% từ than, 20% từ khí đốt, 7% từ hạt nhân, 15% từ năng lượng sinh khối và thủy điện, và một phần nhỏ 0,5% từ năng lượng mặt trời và năng lượng tái tạo.

Nếu không có nhiên liệu hóa thạch, nền kinh tế thế giới sẽ chững lại.

Một người đã thấy rõ hồi kết của thời đại dầu mỏ là M. King Hubbert, một kỹ sư hóa dầu tập đoàn Shell. Năm 1956, trong buổi nói chuyện với Viện Dầu khí Hoa Kỳ, Hubbert đã đưa ra dự đoán đáng lo ngại và bị các đồng sự cười nhạo vào thời điểm đó. Ông dự đoán dự trữ dầu của Mỹ đang cạn kiệt nhanh đến mức 50% lượng dầu sẽ được khoan khỏi mặt đất, gây ra một thời kỳ suy thoái không thể đảo ngược được thiết lập từ năm 1965 đến năm 1971. Ông cho rằng có thể vẽ tổng lượng dầu trong nước Mỹ như một đường cong hình chuông, và chúng ta đã ở gần đỉnh đường cong đó. Từ đó trở đi, ông dự đoán mọi thứ chỉ có thể đi xuống dốc. Điều này có nghĩa khoan dầu sẽ ngày càng khó khăn, do đó một điều không tưởng sẽ xảy ra: Mỹ sẽ bắt đầu nhập khẩu dầu.

Dự đoán của ông có vẻ hấp tấp, thậm chí còn xa lạ và thiếu suy nghĩ, vì Mỹ vẫn đang bơm một lượng dầu khổng lồ từ Texas và những nơi khác trên khắp đất nước. Nhưng các kỹ sư dầu mỏ không còn cười được nữa. Dự đoán của Hubbert đã hoàn toàn chính xác. Đến năm 1970, sản lượng dầu của Mỹ đạt mức 10,2 triệu thùng/ngày và sau đó giảm dần. Con số này chưa bao giờ phục hồi. Ngày nay, Mỹ nhập khẩu 59% lượng dầu. Trên thực tế, nếu so sánh biểu đồ các ước tính của Hubbert từ nhiều thập kỷ trước với biểu đồ sản lượng dầu thực tế của Mỹ đến năm 2005, hai đường cong gần như trùng nhau.

Hiện nay, câu hỏi cơ bản mà các kỹ sư dầu mỏ đang phải đối mặt là: Liệu dự trữ dầu thế giới có đang ở đỉnh Hubbert? Trở lại năm 1956, Hubbert cũng dự đoán sản lượng dầu toàn cầu sẽ đạt đỉnh trong khoảng 50 năm. Ông có thể lại đúng một lần nữa. Khi con cái chúng ta nhìn lại thời đại này, liệu chúng có nhìn nhiên liệu hóa thạch giống như cách chúng ta xem dầu cá voi ngày nay, như một di tích không may của quá khứ xa xôi?

Tôi đã giảng dạy nhiều lần ở Ả Rập Xê Út và khắp Trung Đông, nói về khoa học, năng lượng và tương lai. Một mặt, Ả Rập Xê Út có 267 tỷ thùng dầu, vì vậy đất nước này dường như đang trôi nổi trên một hồ dầu ngầm khổng lồ. Đi khắp Ả Rập Xê Út và các quốc gia vùng Vịnh Ba Tư, có thể thấy một sự lãng phí năng lượng cắt cổ, với những đài phun nước khổng lồ ở giữa sa mạc, tạo ra các hồ ao nhân tạo rộng lớn. Ở Dubai, thậm chí còn có một dốc trượt tuyết trong nhà với hàng ngàn tấn tuyết nhân tạo, bất chấp sự nóng bức bên ngoài.

Nhưng hiện nay các bộ trưởng dầu mỏ bắt đầu lo lắng. Đằng sau tất cả các thuật ngữ "trữ lượng dầu mỏ đã được xác thực" đáng lẽ sẽ đảm bảo chúng ta có nhiều dầu trong nhiều thập kỷ tới, hiện nhiều người đã nhận ra những con số đó chỉ là một hình thức lừa đảo lòng tin. "Trữ lượng dầu được xác thực" nghe có vẻ có căn cứ xác đáng và dứt khoát, cho đến khi bạn nhận ra rằng trữ lượng thường là sự sáng tạo mong ước của bộ trưởng dầu mỏ và áp lực chính trị.

Trò chuyện với các chuyên gia về năng lượng, tôi có thể thấy một sự đồng thuận gay gắt đang nổi lên: chúng ta đang ở đỉnh Hubbert về sản xuất dầu trên thế giới, hoặc có lẽ cách điểm định mệnh đó một thập kỷ. Điều này có nghĩa trong tương lai gần, chúng ta có thể bước vào một giai đoạn suy thoái không thể đảo ngược.

Tất nhiên, chúng ta sẽ không bao giờ hết dầu. Những mỏ dầu mới được tìm thấy mọi lúc. Nhưng chi phí chiết xuất và tinh chế dầu sẽ dần dần tăng vọt. Ví dụ, Canada có trữ lượng cát dầu khổng lồ, đủ để cung cấp dầu cho thế giới trong nhiều thập kỷ tới, nhưng tính chi

phí khai thác và tinh luyện thì không hiệu quả. Mỹ có thể có đủ trữ lượng than kéo dài 300 năm, nhưng có những hạn chế về mặt pháp lý, và chi phí trích xuất tất cả các chất ô nhiễm dạng hạt và khí là cả một vấn đề.

Hơn nữa, dầu tiếp tục được tìm thấy trong các khu vực biến động về chính trị của thế giới, góp phần vào sự bất ổn của các quốc gia. Khi vẽ đồ thị giá dầu qua nhiều thập kỷ, nó giống như một chuyến tàu lượn siêu tốc, đạt đỉnh 140 USD/thùng trong năm 2008 (và hơn 1 USD/lít tại trạm xăng) và sau đó lao dốc do suy thoái kinh tế. Mặc dù có những thay đổi mạnh mẽ, do tình trạng bất ổn chính trị, đầu cơ, tin đồn... nhưng rõ ràng: giá dầu trung bình sẽ tiếp tục tăng dài hạn.

Điều này sẽ tác động sâu sắc đến nền kinh tế thế giới. Sự tăng trưởng nhanh chóng của nền văn minh hiện đại trong thế kỷ 20 đã được thúc đẩy bởi hai điều: giá dầu rẻ và định luật Moore. Tăng giá năng lượng sẽ gây áp lực lên nguồn cung cấp lương thực của thế giới cũng như kiểm soát ô nhiễm. Như tiểu thuyết gia Jerry Pournelle từng nói: "Thực phẩm và ô nhiễm không phải là vấn đề chính: chúng là vấn đề năng lượng. Khi có đủ năng lượng, chúng ta có thể sản xuất nhiều thức ăn theo ý muốn, nếu cần thiết, bằng các phương pháp canh tác tập trung như thủy canh và nhà kính. Vấn đề ô nhiễm cũng tương tự: nếu đủ năng lượng, các chất gây ô nhiễm sẽ được chuyển thành sản phẩm kiểm soát được; và nếu cần sẽ có thể phân tách sản phẩm thành nhiều phần."

Chúng ta cũng phải đối mặt với một vấn đề khác: sự nổi lên của tầng lớp trung lưu ở Trung Quốc và Ấn Độ, một trong những thay đổi nhân khẩu học to lớn của thời kỳ hậu chiến, đã tạo ra áp lực to lớn lên giá dầu và hàng hóa. Nhìn thấy bánh mì kẹp thịt McDonald và nhà để xe hai ô tô trong phim Hollywood, họ cũng muốn sống trong giấc mơ Mỹ về tiêu thụ phung phí năng lượng.

TƯƠNG LAI GẦN (HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

NỀN KINH TẾ NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI/HYDRO

Về vấn đề này, lịch sử dường như tự lặp lại. Quay trở lại những năm 1900, Henry Ford và Thomas Edison, hai người bạn lâu năm, đã đặt cược năng lượng nào có thể thúc đẩy tương lai. Henry Ford đặt cược dầu mỏ thay thế than, với động cơ đốt trong thay thế động cơ hơi nước. Thomas Edison đặt cược vào xe điện. Đó là một vụ cá cược định mệnh, kết quả của nó sẽ có ảnh hưởng sâu sắc đến lịch sử thế giới. Ban đầu, Edison có vẻ đã thắng cược, vì rất khó khai thác dầu cá voi. Nhưng sự phát hiện nhanh chóng các mỏ dầu giá rẻ ở Trung Đông và những nơi khác đã sớm mang lại chiến thắng cho Ford. Thế giới chưa từng bao giờ như vậy. Pin không thể theo kịp thành công phi thường của xăng. (Thậm chí ngày nay, cùng một kilogam, xăng chứa năng lượng nhiều gấp 40 lần pin.)

Nhưng hiện nay, tình thế đang dần đổi chiều. Một thế kỷ sau vụ cá cược, có lẽ Edison sẽ thắng.

Câu hỏi đặt ra trong các nghị trường của chính phủ và công nghiệp là: Năng lượng nào sẽ thay thế dầu mỏ? Không có câu trả lời rõ ràng. Trong tương lai gần, không có sự thay thế ngay lập tức cho nhiên liệu hóa thạch, và có nhiều khả năng sẽ là một hỗn hợp năng lượng, không có một dạng năng lượng nào thống trị những loại khác. Vị trí kế nhiệm hứa hẹn nhất là năng lượng mặt trời/hydro (dựa trên các công nghệ tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, thủy điện và hydro).

Tại thời điểm hiện tại, giá điện từ pin mặt trời gấp vài lần giá điện sản xuất từ than đá. Nhưng giá năng lượng mặt trời/hydro tiếp tục giảm do những tiến bộ công nghệ ổn định, trong khi giá nhiên liệu hóa thạch tiếp tục tăng chậm. Người ta ước tính trong vòng 10 đến 15 năm hoặc lâu hơn, hai đường cong giá cả sẽ gặp nhau. Sau đó, lực lượng thị trường sẽ quyết định phần còn lại.

NĂNG LƯỢNG GIÓ

Trong ngắn hạn, năng lượng tái tạo như năng lượng gió sẽ chiến thắng. Trên toàn thế giới, công suất phát ra từ gió đã tăng từ 17 tỷ watt năm 2000 lên 121 tỷ watt năm 2008. Năng lượng gió, từng được coi như một đối thủ nhỏ bé, ngày càng trở nên nổi bật. Những tiến bộ gần đây trong công nghệ tuabin gió đã làm tăng hiệu quả và năng suất của các trang trại gió, trở thành một trong những lĩnh vực phát triển nhanh nhất của thị trường năng lượng.

Các trang trại gió ngày nay khác xa các cối xay gió cũ được sử dụng để cung cấp điện cho các trang trại và nhà máy vào cuối những năm 1800. Không ô nhiễm và an toàn, một máy phát điện gió có thể sản xuất 5 megawatt điện, đủ cho một ngôi làng nhỏ. Một tuabin gió có những cánh quạt khổng lồ, kiểu dáng đẹp, dài khoảng 30 m, quay với gần như không có ma sát. Tuabin gió tạo ra điện tương tự như đập thủy điện và máy phát điện. Một nam châm quay bên trong một cuộn dây. Từ trường quay đẩy các electron bên trong cuộn dây chuyển động thành dòng, tạo ra điện. Một trang trại gió lớn, bao gồm 100 cối xay gió, có thể sản xuất 500 MW, tương đương với 1.000 MW được sản xuất bởi một nhà máy điện đốt than hoặc điện hạt nhân.

Trong vài thập kỷ qua, châu Âu đã dẫn đầu thế giới về công nghệ gió. Nhưng gần đây, Mỹ đã vượt châu Âu trong việc tạo ra điện từ gió. Năm 2009, Mỹ sản xuất chỉ 28 tỷ watt từ năng lượng gió. Nhưng riêng Texas đã sản xuất tám tỷ watt từ năng lượng gió và có một tỷ watt đang xây dựng, thậm chí còn phát triển hơn nữa. Nếu tất cả diễn ra theo kế hoạch, Texas sẽ tạo ra 50 tỷ watt điện từ gió, quá đủ để đáp ứng cho 24 triệu người của tiểu bang.

Trung Quốc sẽ sớm vượt qua Mỹ về điện gió. Chương trình Wind Base sẽ tạo ra sáu trang trại gió với công suất phát là 127 tỷ watt.

Mặc dù năng lượng gió có vẻ ngày càng hấp dẫn và chắc chắn sẽ phát triển trong tương lai, nhưng nó không thể cung cấp đủ năng

lượng cho thế giới. Tốt nhất, nó sẽ là một phần không thể tách rời của một hỗn hợp năng lượng lớn hơn. Điện gió phải đối mặt với một số vấn đề. Năng lượng gió chỉ được tạo ra liên tục khi gió thổi, và chỉ ở một vài vùng trọng điểm của thế giới. Ngoài ra, do hao hụt trong truyền tải điện, các trang trại gió phải ở gần các thành phố, làm hạn chế tính hữu dụng của công nghệ này.

NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Cuối cùng, mọi năng lượng đều xuất phát từ Mặt trời. Theo một nghĩa nào đó, ngay cả dầu và than cũng là ánh sáng mặt trời tập trung, đại diện cho năng lượng chiếu trên thực vật và động vật hàng triệu năm trước đây. Kết quả là, lượng năng lượng mặt trời tập trung được lưu trữ trong một gallon xăng lớn hơn nhiều so với năng lượng trữ trong một cục pin. Đó là vấn đề cơ bản mà Edison phải đối mặt trong thế kỷ trước và ngày nay chúng ta cũng đang gặp phải vấn đề tương tự.

Pin mặt trời hoạt động bằng cách chuyển ánh sáng mặt trời trực tiếp thành điện năng. (Quá trình này được Einstein giải thích vào năm 1905. Khi một hạt ánh sáng, hay một photon, chạm vào kim loại, nó phát ra một electron, do đó tạo ra dòng điện.)

Tuy nhiên, pin mặt trời không hiệu quả. Ngay cả sau nhiều thập kỷ các kỹ sư và nhà khoa học làm việc chăm chỉ, hiệu suất pin mặt trời dao động khoảng 15%. Vì vậy, nghiên cứu đã đi theo hai hướng. Đầu tiên là tăng hiệu quả của pin mặt trời, đó là một vấn đề kỹ thuật rất khó khăn. Cách khác là giảm chi phí sản xuất, lắp đặt và xây dựng các công viên năng lượng mặt trời.

Ví dụ, người ta có thể cung cấp nhu cầu điện của Mỹ bằng cách bao phủ toàn bộ tiểu bang Arizona bằng pin mặt trời, điều này là không thực tế. Tuy nhiên, quyền sử dụng đất đối với sa mạc Sahara đột nhiên trở thành một chủ đề nóng, và các nhà đầu tư đã tạo ra các công viên năng lượng mặt trời lớn trong sa mạc này để đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng châu Âu.

Hoặc ở các thành phố, người ta có thể giảm chi phí năng lượng mặt trời bằng cách che phủ nhà cửa và các tòa nhà bằng pin mặt trời. Điều này có một số ưu điểm, bao gồm loại bỏ các thất thoát phát sinh trong quá trình truyền tải điện từ nhà máy điện trung tâm. Vấn đề là cần giảm chi phí. Một tính toán nhanh chóng cho thấy bạn sẽ phải tiết kiệm từng đồng đô la để các liên doanh này sinh lời.

Mặc dù năng lượng mặt trời vẫn chưa phát triển như đúng tiềm năng, sự bất ổn về giá dầu gần đây đã thúc đẩy nỗ lực cuối cùng đưa năng lượng mặt trời đến với thị trường. Xu hướng có thể thay đổi. Cứ vài tháng các kỷ lục lại bị đánh đổ. Sản lượng điện mặt trời đang tăng 45% mỗi năm, gần gấp đôi mỗi hai năm. Trên toàn thế giới, lắp đặt pin mặt trời hiện nay là 15 tỷ watt, tăng 5,6 tỷ watt trong năm 2008.

Năm 2008, Florida Power & Light đã công bố dự án nhà máy năng lượng mặt trời lớn nhất tại Mỹ. Hợp đồng của SunPower dự định tạo ra 25 megawatt điện. (Đơn vị nắm giữ kỷ lục trước đó ở Mỹ là Căn cứ Không quân Nellis ở Nevada, với một nhà máy năng lượng mặt trời tạo ra 15 megawatt.)

Năm 2009, BrightSource Energy, có trụ sở tại Oakland, California, đã công bố kế hoạch đánh đổ kỷ lục đó bằng cách xây dựng 14 nhà máy năng lượng mặt trời, tạo ra 2,6 tỷ watt, trên khắp California, Nevada và Arizona.

Một trong những dự án của BrightSource là nhà máy năng lượng mặt trời Ivanpah, bao gồm ba nhà máy nhiệt điện mặt trời có trụ sở tại miền Nam California, có sản lượng 440 MW điện. Trong một dự án hợp tác với Pacific Gas and Electric, BrightSource có kế hoạch xây dựng một nhà máy 1,3 tỷ watt tại sa mạc Mojave.

Năm 2009, First Solar, nhà sản xuất pin mặt trời lớn nhất thế giới, đã thông báo sẽ tạo ra nhà máy năng lượng mặt trời lớn nhất thế giới ngay phía bắc Vạn Lý Trường Thành. Hợp đồng 10 năm, chi tiết vẫn chưa được công bố, hình dung một phức hợp mặt trời khổng lồ chứa 27 triệu tấm pin mặt trời mỏng sẽ tạo ra 2 tỷ watt điện, hoặc

tương đương với hai nhà máy đốt than, tạo ra đủ năng lượng cho ba triệu ngôi nhà. Nhà máy có tổng diện tích 40 km^2, sẽ được xây dựng tại Nội Mông và thực tế là một phần của một công viên năng lượng lớn hơn nhiều. Các quan chức Trung Quốc nói rằng năng lượng mặt trời chỉ là một thành phần của cơ sở này, cuối cùng sẽ cung cấp 12 tỷ watt điện từ gió, mặt trời, sinh khối và thủy điện.

Vẫn còn phải chờ đợi để thấy liệu các dự án đầy tham vọng này có giải quyết được các thách thức về môi trường và chi phí hay không, nhưng vấn đề là kinh tế năng lượng mặt trời đang dần trải qua một sự thay đổi lớn, với các công ty năng lượng mặt trời lớn nghiêm túc nhìn nhận năng lượng mặt trời là đối thủ cạnh tranh với các nhà máy nhiên liệu hóa thạch.

Ô TÔ ĐIỆN

Vì xe hơi, xe tải, xe lửa và máy bay dùng đến một nửa trữ lượng dầu thế giới, nên việc cải cách ngành kinh tế này đang rất được quan tâm. Hiện nay có một cuộc đua nhằm thống trị tương lai ô tô, khi các quốc gia thực hiện quá trình chuyển đổi lịch sử từ nhiên liệu hóa thạch sang điện. Có một số giai đoạn trong quá trình chuyển đổi này. Đầu tiên xe ô tô hybrid, đã có trên thị trường, trong đó sử dụng điện từ hỗn hợp pin và xăng. Thiết kế này sử dụng động cơ đốt trong nhỏ để giải quyết các vấn đề lâu dài với pin: rất khó để tạo ra pin có thể hoạt động cho khoảng cách dài cũng như tăng tốc tức thời.

Nhưng xe hybrid chỉ là bước đầu tiên. Ví dụ, xe ô tô hybrid có pin đủ mạnh để chạy bằng hệ thống điện trong 80 km đầu tiên hoặc lâu hơn trước khi chuyển sang động cơ xăng. Do hầu hết mọi người đi lại và mua sắm trong vòng 80 km, có nghĩa là những chiếc xe chỉ cần chạy bằng điện trong thời gian đó.

Một chiếc xe tiêu biểu trong cuộc đua hybrid plug-in là Chevy Volt của General Motors. Nó có thể chạy 65 km (chỉ sử dụng một pin lithium-ion) và 480 km bằng cách sử dụng động cơ xăng nhỏ.

Kế đó là Tesla Roadster, không có động cơ xăng. Đó là mẫu xe của Tesla Motors, một công ty ở Thung lũng Silicon là công ty duy nhất ở Bắc Mỹ bán xe ô tô chạy hoàn toàn bằng điện được sản xuất hàng loạt. Roadster là một mẫu xe thể thao kiểu dáng đẹp có thể đối đầu trực tiếp với bất kỳ chiếc xe chạy bằng xăng nào, chấm dứt quan niệm cho rằng pin lithium-ion điện không cạnh tranh được với động cơ xăng.

Tôi từng được lái một chiếc Tesla hai chỗ của John Hendricks, người sáng lập Discovery Communications, công ty mẹ của Discovery Channel. Khi tôi ngồi vào ghế lái, ông Hendricks thúc giục tôi nhấn máy tăng tốc hết cỡ để kiểm tra xe. Theo lời ông, tôi nhấn ga. Ngay lập tức, tôi có thể cảm thấy sức mạnh đột ngột. Người tôi như chìm hẳn vào ghế khi tôi đạt tốc độ 100 km/h chỉ trong 3,9 giây. Nghe một kỹ sư tự hào về hiệu suất của chiếc xe chạy hoàn toàn bằng điện là một chuyện; nhấn ga và tự cảm nhận nó là một chuyện hoàn toàn khác.

Việc tiếp thị thành công của Tesla đã buộc các nhà sản xuất ô tô chính thống phải cố gắng bắt kịp, sau hàng thập kỷ đánh giá thấp xe điện. Robert Lutz, khi còn là phó chủ tịch của General Motors, phát biểu: "Tất cả các thiên tài ở General Motors đều cho rằng công nghệ lithium-ion còn cách xa chúng ta 10 năm nữa và Toyota đồng ý với chúng tôi – rồi bùm, Tesla xuất hiện. Vì vậy, tôi mới nói: 'Làm thế nào đến một công ty khởi nghiệp nhỏ ở California, do những gã gà mờ về kinh doanh xe hơi điều hành, lại làm được điều này còn chúng ta thì không thể?'"

Nissan Motors đang tiên phong giới thiệu dòng xe điện cho khách hàng tầm trung, xe Leaf, có phạm vi hoạt động 160 km, tốc độ tối đa lên đến 145 km/h và hoàn toàn chạy bằng điện.

Sau xe điện, một loại xe khác cuối cùng sẽ được đưa ra là xe chạy bằng pin nhiên liệu, còn được gọi là xe của tương lai. Vào tháng 6 năm 2008, Công ty Honda Motor đã công bố sự ra mắt của dòng xe nhiên liệu thương mại đầu tiên trên thế giới, FCX Clarity. Nó có phạm vi hoạt động 386 km, tốc độ tối đa 160 km/h, và có mọi tiện nghi của

một chiếc sedan bốn cửa truyền thống. Chỉ sử dụng hydro làm nhiên liệu, nó không cần xăng và không có sạc điện. Tuy nhiên, do cơ sở hạ tầng cho hydro chưa tồn tại, nên loại xe này chỉ có sẵn để cho thuê ở miền Nam California nước Mỹ. Honda cũng đang quảng cáo một phiên bản xe thể thao của chiếc xe pin nhiên liệu, có tên là FC Sport.

Rồi đến năm 2009, sau khi sa thải bộ máy quản lý cũ, GM vực dậy từ vụ phá sản và thông báo về chiếc ô tô pin nhiên liệu của họ, Chevy Equinox, đã vượt qua mốc hàng triệu km thử nghiệm. Trong 25 tháng, 5.000 người đã thử nghiệm 100 chiếc xe chạy bằng pin nhiên liệu này. Detroit, tụt hậu sau Nhật Bản trong việc giới thiệu công nghệ xe hơi nhỏ và hybrid, đang cố gắng để có chỗ đứng trong tương lai.

Bề ngoài, xe ô tô chạy bằng pin nhiên liệu là hoàn hảo. Nó hoạt động bằng cách kết hợp hydro và oxy, sau đó biến thành năng lượng điện, chỉ để lại chất thải là nước. Nó không tạo khói. Gần như kỳ lạ khi nhìn vào ống xả của một chiếc xe chạy bằng pin nhiên liệu. Thay vì nghẹt thở vì khói độc bốc lên từ phía sau, bạn chỉ thấy những giọt nước không màu, không mùi.

Mike Schwabl, người lái thử nghiệm chiếc Equinox trong 10 ngày cho biết: "Bạn đặt tay lên ống xả và thứ duy nhất đi ra là nước. Thật tuyệt vời!"

Công nghệ pin nhiên liệu không có gì mới. Nguyên tắc cơ bản đã được chứng minh từ năm 1839. NASA đã sử dụng pin nhiên liệu để cung cấp năng lượng cho các thiết bị không gian trong nhiều thập kỷ. Cái mới là quyết tâm tăng sản lượng và giảm chi phí của các nhà sản xuất xe hơi.

Xe chạy bằng pin nhiên liệu có một vấn đề giống như Henry Ford khi họ tiếp thị Model T. Các nhà phê bình cho rằng xăng là nguy hiểm, rằng mọi người sẽ chết cháy khi chiếc xe gặp tai nạn. Ngoài ra, gần như mỗi tòa nhà sẽ phải có một trạm bơm xăng. Các nhà phê bình đã đúng ở những mặt này. Mỗi năm có hàng ngàn người chết trong những vụ tai nạn xe hơi khủng khiếp, và chúng ta thấy các trạm xăng ở khắp mọi

nơi. Nhưng sự tiện lợi và tiện ích của chiếc xe rất tuyệt vời khiến mọi người bỏ qua những vấn đề này.

Hiện nay các lý luận tương tự đang được đưa ra chống lại xe ô tô chạy bằng pin nhiên liệu. Nhiên liệu hydro dễ bay hơi và dễ nổ, và cứ cách vài khu nhà lại phải xây một trạm bơm hydro. Nhiều khả năng, các nhà phê bình lại đúng. Nhưng một khi cơ sở hạ tầng hydro được đảm bảo, mọi người sẽ thấy ô tô chạy bằng pin nhiên liệu không ô nhiễm lại thuận tiện đến mức sẽ bỏ qua những hạn chế này. Ngày nay, chỉ có 70 trạm tiếp nhiên liệu cho xe ô tô chạy bằng pin nhiên liệu trên toàn nước Mỹ. Bởi chiếc xe chạy bằng pin nhiên liệu có tầm hoạt động khoảng 270 km cho một lần nạp, nên bạn phải xem đồng hồ nhiên liệu cẩn thận khi lái xe. Nhưng điều này sẽ thay đổi dần dần, đặc biệt nếu giá của chiếc xe chạy bằng pin nhiên liệu bắt đầu giảm nhờ sản xuất hàng loạt và những tiến bộ trong công nghệ.

Nhưng vấn đề chính với xe điện là pin điện không tự nhiên tạo ra năng lượng. Bạn phải sạc pin và điện thường đến từ một nhà máy đốt than. Vì vậy, mặc dù xe điện không gây ô nhiễm, nhưng xét cho cùng nguồn năng lượng cấp cho nó là nhiên liệu hóa thạch.

Hydro không phải là nguồn sản xuất năng lượng thuần. Thay vào đó, nó là khí truyền năng lượng. Bạn vẫn phải tạo khí hydro. Ví dụ, bạn phải sử dụng điện để tách nước thành hydro và oxy. Vì vậy, mặc dù xe điện và pin nhiên liệu hứa hẹn về một tương lai không khói, nhưng chúng vẫn lấy năng lượng chủ yếu từ đốt than. Cuối cùng, hãy nhớ đến định luật thứ nhất về nhiệt động lực học: tổng lượng vật chất và năng lượng không thể mất đi hoặc tạo ra từ hư không. Bạn không thể nhận được điều gì đó từ hư không.

Điều này có nghĩa, khi thực hiện chuyển đổi từ xăng sang điện, chúng ta cần phải thay thế các nhà máy đốt than bằng một dạng năng lượng hoàn toàn mới.

PHÂN HẠCH HẠT NHÂN

Một khả năng tạo ra năng lượng, thay vì chỉ truyền năng lượng, là tách nguyên tử urani. Ưu điểm là năng lượng hạt nhân không tạo ra lượng khí nhà kính nhiều như các nhà máy đốt than và dầu, nhưng các vấn đề kỹ thuật và chính trị đã kìm hãm năng lượng hạt nhân trong nhiều thập kỷ. Nhà máy điện hạt nhân cuối cùng tại Mỹ bắt đầu xây dựng vào năm 1977, trước sự cố định mệnh năm 1979 tại đảo Three Mile, làm tê liệt tương lai của năng lượng hạt nhân thương mại. Vụ tai nạn tàn khốc năm 1986 tại Chernobyl đã phong ấn số phận của điện hạt nhân suốt một thế hệ. Các dự án năng lượng hạt nhân bị đình trệ ở Mỹ và châu Âu, và được duy trì ở Pháp, Nhật Bản và Nga nhờ trợ cấp hào phóng từ chính phủ.

Vấn đề với năng lượng hạt nhân là khi tách nguyên tử urani, bạn tạo ra một lượng lớn chất thải hạt nhân, chất phóng xạ tồn tại từ hàng nghìn đến hàng chục triệu năm sau. Một lò phản ứng 1.000 MW điển hình tạo ra khoảng 30 tấn chất thải hạt nhân tầm cao sau một năm. Mức phóng xạ cao đến mức nó phát sáng trong bóng tối, và phải được lưu trữ trong các ao làm mát đặc biệt. Với khoảng 100 lò phản ứng thương mại tại Mỹ, số lượng này đem đến hàng ngàn tấn chất thải cao cấp được sản xuất mỗi năm.

Chất thải hạt nhân này gây ra vấn đề vì hai lý do. Đầu tiên, nó vẫn còn nóng ngay cả sau khi lò phản ứng đã tắt. Nếu nước làm mát vô tình ngừng lưu thông, như ở đảo Three Mile, thì lõi lò bắt đầu tan chảy. Nếu kim loại nóng chảy này tiếp xúc với nước, nó có thể gây ra một vụ nổ hơi nước thổi lò phản ứng ra ngoài, phát tán nhiều mảnh vụn phóng xạ vào trong không khí. Trong trường hợp tồi tệ nhất, tai nạn hạt nhân cấp độ 9, bạn sẽ phải ngay lập tức sơ tán có lẽ hàng triệu người trong bán kính từ 15 đến 80 km cách lò phản ứng. Lò phản ứng Indian Point chỉ cách phía bắc thành phố New York 38 km. Nghiên cứu của chính phủ ước tính rằng một tai nạn tại Indian Point có thể gây thiệt hại hàng trăm tỷ đô la. Tại đảo Three Mile, lò phản ứng gặp

sự cố trong vòng vài phút sau một thảm họa lớn có thể làm tê liệt vùng Đông Bắc. Hậu quả đã được phần nào hạn chế khi kỹ sư lò bơm thành công nước làm mát vào lõi chỉ 30 phút trước khi lõi có thể đạt đến điểm nóng chảy của urani dioxit.

Tại Chernobyl, bên ngoài Kiev, tình hình tồi tệ hơn nhiều. Cơ chế an toàn (các thanh điều khiển) bị vô hiệu hóa. Một sự cố điện nhỏ xảy ra, khiến lò phản ứng mất kiểm soát. Nước lạnh đột ngột chạm vào kim loại nóng chảy, tạo ra một vụ nổ hơi nước thổi bay toàn bộ đỉnh lò phản ứng, giải phóng một phần lớn lõi vào không khí. Nhiều công nhân được gửi đến để kiểm soát tai nạn đã mất mạng do bỏng bức xạ. Do lò phản ứng cháy ra khỏi tầm kiểm soát, cuối cùng lực lượng Không quân Liên Xô phải vào cuộc. Những chiếc trực thăng có lớp che chắn đặc biệt được cử đến để phun nước chứa Bo vào lò phản ứng đang cháy. Cuối cùng, lõi đã được bọc trong bê tông rắn. Thậm chí ngày nay, lõi lò vẫn không ổn định và tiếp tục tạo ra nhiệt và bức xạ.

Ngoài các vấn đề về nóng chảy và nổ, còn có vấn đề về xử lý chất thải. Chúng ta đặt nó ở đâu? Đáng xấu hổ, bởi năng lượng nguyên tử đã 50 năm tuổi nhưng chúng ta vẫn không có câu trả lời. Trong quá khứ, đã có một loạt các thất bại tốn kém liên quan đến việc xử lý chất thải vĩnh viễn. Ban đầu, một số chất thải chỉ đơn giản là được đổ vào các đại dương của Mỹ và Nga, hoặc chôn trong các hố cạn. Tại dãy núi Ural từng có trường hợp xả thải plutoni thậm chí phát nổ thảm khốc vào năm 1957, đòi hỏi phải di tản lớn và gây thiệt hại phóng xạ cho một khu vực rộng 650 km^2 giữa Sverdlovsk và Chelyabinsk.

Ban đầu, vào những năm 1970, Mỹ dự tính chôn lấp chất thải cao cấp ở Lyons, Kansas, trong các mỏ muối. Nhưng sau đó, người ta phát hiện ra các mỏ muối không thể sử dụng được, vì đã bị nhiều lỗ khoan thăm dò dầu chọc thủng. Mỹ buộc phải đóng cơ sở Lyons, một thất bại đáng xấu hổ.

Trong 25 năm tiếp theo, Mỹ đã chi chín tỷ đô la để nghiên cứu và xây dựng trung tâm xử lý chất thải Yucca Mountain khổng lồ ở

Nevada, Tổng thống Barack Obama đã ra sắc lệnh đóng cửa vào năm 2009. Các nhà địa chất đã xác nhận cơ sở Yucca Mountain có thể không có khả năng chứa chất thải hạt nhân trong 10.000 năm. Cơ sở Yucca Mountain sẽ không bao giờ mở cửa, khiến các nhà máy điện hạt nhân vẫn hoạt động mà không có một cơ sở lưu trữ chất thải vĩnh viễn.

Hiện tại, tương lai của năng lượng hạt nhân chưa rõ ràng. Phố Wall vẫn còn lấp lửng chuyện đầu tư vài tỷ đô la vào mỗi nhà máy điện hạt nhân mới. Nhưng ngành này tuyên bố thế hệ nhà máy sau luôn an toàn hơn thế hệ trước. Trong khi đó, Bộ Năng lượng vẫn để mở các vấn đề liên quan đến năng lượng hạt nhân.

PHỔ BIẾN HẠT NHÂN

Tuy nhiên, sức mạnh càng lớn thì rủi ro càng cao. Như trong thần thoại Bắc Âu, người Viking thờ Odin, người cai trị Asgard với sự khôn ngoan và công bằng. Odin đứng đầu các vị thần, bao gồm cả Thor anh hùng, người mang danh dự và lòng dũng cảm cao quý nhất của mọi chiến binh. Tuy nhiên, cũng có Loki, thần lừa lọc, người đã bị nỗi ghen tuông, căm hờn làm mờ mắt. Loki luôn tìm đủ mưu mô và xuất sắc trong những trò lừa gạt. Cuối cùng, Loki âm mưu với những người khổng lồ gây ra trận chiến cuối cùng giữa bóng tối và ánh sáng, trận chiến sử thi Ragnarok, hoàng hôn của các vị thần.

Vấn đề ngày nay là sự ghen tuông và thù hận giữa các quốc gia có thể giải phóng Ragnarok hạt nhân. Lịch sử đã chỉ ra rằng khi một quốc gia làm chủ công nghệ thương mại, nếu có ham muốn và ý đồ chính trị họ có thể chuyển sang vũ khí hạt nhân. Nguy cơ rõ là công nghệ vũ khí hạt nhân sẽ sinh sôi nảy nở tại một số vùng bất ổn định nhất trên thế giới.

Trong Thế chiến II, chỉ có các quốc gia mạnh nhất mới có đủ tiềm lực, bí quyết và khả năng tạo ra bom nguyên tử. Tuy nhiên, trong tương lai, ngưỡng tham gia có thể giảm đáng kể do giá làm giàu urani tụt dốc nhờ sự ra đời của các công nghệ mới. Đây là mối nguy hiểm

chúng ta phải đối mặt: công nghệ mới hơn và rẻ hơn có thể đặt bom nguyên tử vào bất ổn.

Chìa khóa để chế tạo bom nguyên tử là đảm bảo số lượng lớn quặng urani và sau đó làm sạch nó. Điều này có nghĩa là tách urani 238 (chiếm 99,3% urani tự nhiên) từ urani 235, thích hợp cho bom nguyên tử nhưng chỉ chiếm 0,7%. Hai đồng vị này giống nhau về mặt hóa học, do đó, cách duy nhất để tách biệt hai đồng vị này là dựa trên thực tế urani 235 nhẹ hơn khoảng 1% so với người anh em họ của nó.

Trong Thế chiến II, cách duy nhất tách hai đồng vị urani là sử dụng quá trình khuếch tán khí phức tạp: urani được chuyển thể thành khí (uranium hexafluoride) rồi được bơm xuống các ống và màng lọc dài hàng trăm kilômét. Vào cuối cuộc đua dài này, urani 235 nhanh hơn (có nghĩa là nhẹ hơn) đã thắng, để lại urani 238 nặng hơn ở phía sau. Sau khi khí chứa urani 235 được chiết xuất, quá trình này được lặp lại, cho đến khi mức độ làm giàu của urani 235 tăng từ 0,7% lên 90%, thành urani đạt chuẩn để chế tạo bom. Nhưng việc bơm khí đòi hỏi một lượng điện lớn. Trong chiến tranh, một phần đáng kể trong tổng lượng điện của Mỹ đã được chuyển hướng đến Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge cho mục đích này. Các cơ sở làm giàu khổng lồ, chiếm 600 nghìn mét vuông và sử dụng 12.000 công nhân.

Sau chiến tranh, chỉ có các siêu cường như Mỹ và Liên Xô mới có thể tích trữ kho vũ khí hạt nhân khổng lồ, lên tới 30.000 thiết bị, bởi họ đã nắm vững công nghệ khuếch tán khí. Nhưng ngày nay, chỉ có 33% urani làm giàu của thế giới đến từ khuếch tán khí.

Các nhà máy làm giàu thế hệ thứ hai sử dụng công nghệ tinh vi hơn, rẻ hơn: các máy siêu ly tâm, tạo ra một sự thay đổi đáng kể trong chính trị thế giới. Siêu ly tâm có thể quay một khoang chứa urani với tốc độ lên đến 100.000 vòng/phút. Điều này làm nổi bật sự khác biệt 1% về khối lượng giữa urani 235 và urani 238. Cuối cùng, urani 238 chìm xuống đáy. Sau nhiều chu kỳ, người ta có thể tách urani 235 ra khỏi đỉnh ống.

Siêu ly tâm hiệu quả gấp 50 lần về mặt năng lượng so với khuếch tán khí. Khoảng 54% urani của thế giới được tinh chế theo cách này.

Với công nghệ siêu ly tâm, chỉ cần 1.000 máy siêu ly tâm hoạt động liên tục trong một năm để sản xuất lượng urani làm giàu phục vụ việc chế tạo một quả bom nguyên tử. Công nghệ siêu ly tâm có thể dễ dàng bị đánh cắp. Một trong những sự kiện tồi tệ nhất về an ninh hạt nhân là kỹ sư nguyên tử vô danh, A. Q. Khan, đã ăn cắp các bản thiết kế máy siêu ly tâm và các thành phần của bom nguyên tử và bán chúng để kiếm lời. Năm 1975, khi làm việc tại Amsterdam cho URENCO, cơ quan do Anh, Tây Đức và Hà Lan thành lập để cung cấp urani cho các lò phản ứng châu Âu, ông đã tuồn ra các bản thiết kế bí mật cho chính phủ Pakistan và được đất nước này tung hô như một người hùng; ông cũng bị nghi ngờ bán thông tin mật này cho Saddam Hussein và chính phủ Iran, Bắc Triều Tiên, Libya.

Bằng công nghệ bị đánh cắp này, Pakistan đã có thể tạo ra một kho vũ khí hạt nhân nhỏ, bắt đầu thử nghiệm vào năm 1998. Sự cạnh tranh hạt nhân tiếp theo giữa Pakistan và Ấn Độ, với hàng loạt vụ nổ bom nguyên tử, suýt dẫn đến một cuộc đối đầu hạt nhân giữa hai quốc gia đối thủ.

Có lẽ nhờ công nghệ mua từ A. Q. Khan, Iran đã báo cáo tăng tốc chương trình hạt nhân của mình, xây dựng 8.000 máy siêu ly tâm vào năm 2010, với ý định xây dựng thêm 30.000 chiếc nữa. Điều này gây áp lực lên các quốc gia Trung Đông khác trong việc tự chế tạo bom nguyên tử, làm gia tăng bất ổn.

Lý do thứ hai khiến chính trị thế giới trong thế kỷ 21 có thể thay đổi là một thế hệ công nghệ làm giàu khác – làm giàu laser – sẽ sớm được áp dụng, thậm chí có khả năng rẻ hơn so với các máy siêu ly tâm.

Khi kiểm tra vỏ electron của hai đồng vị urani này, chúng có vẻ giống nhau, vì hạt nhân có cùng điện tích. Nhưng nếu phân tích chi tiết các phương trình mô tả vỏ electron, bạn sẽ thấy có một sự tách biệt năng lượng nhỏ giữa các vỏ electron của urani 235 và urani 238.

Bằng cách chiếu một chùm tia laser được tinh chỉnh, có thể loại bỏ các electron từ vỏ urani 235 nhưng không phải từ urani 238. Một khi các nguyên tử urani 235 bị ion hóa, chúng có thể dễ dàng tách ra khỏi urani 238 bằng điện trường.

Nhưng sự khác biệt về năng lượng giữa hai đồng vị là quá nhỏ đến mức nhiều quốc gia đã thất bại khi cố gắng khai thác tính chất này. Trong những năm 1980 và 1990, Mỹ, Pháp, Anh, Đức, Nam Phi và Nhật Bản đã cố gắng làm chủ công nghệ khó khăn này nhưng không thành công. Tại Mỹ, một dự án đã được tiến hành với sự tham gia của 500 nhà khoa học và hai tỷ đô la.

Nhưng vào năm 2006, các nhà khoa học Úc thông báo rằng, họ không những đã giải quyết được bài toán này, mà còn dự định thương mại hóa nó. Vì 30% chi phí nhiên liệu urani xuất phát từ quá trình làm giàu, công ty Úc Silex cho rằng có thể có một thị trường cho công nghệ này. Silex thậm chí đã ký hợp đồng với General Electric để bắt đầu thương mại hóa. Cuối cùng, họ hy vọng sẽ sản xuất tới một phần ba lượng urani của thế giới bằng phương pháp này. Năm 2008, GE Hitachi Nuclear Energy công bố kế hoạch xây dựng nhà máy làm giàu laser thương mại đầu tiên ở Wilmington, Bắc Carolina vào năm 2012. Nhà máy sẽ chiếm diện tích gần 100 ha trong tổng diện tích 800 ha của toàn bộ cơ sở.

Đối với ngành công nghiệp điện hạt nhân, đây là tin tốt vì nó sẽ làm giảm chi phí của urani được làm giàu trong vài năm tới. Tuy nhiên, những người khác thì lo lắng rằng, sớm muộn gì công nghệ này cũng lan đến các khu vực bất ổn trên thế giới. Nói cách khác, chúng ta có cơ hội để ký kết các hiệp ước nhằm hạn chế và điều tiết dòng chảy của urani được làm giàu. Trừ khi chúng ta kiểm soát công nghệ này, công nghệ bom nguyên tử sẽ tiếp tục lan rộng, thậm chí tới các nhóm khủng bố.

Một trong những người quen của tôi là Theodore Taylor, người hiếm hoi tham gia thiết kế cả đầu đạn hạt nhân lớn nhất và nhỏ nhất

cho Lầu Năm Góc. Một trong những thiết kế của ông là Davy Crockett, chỉ nặng 22 kg, nhưng có khả năng bắn một quả bom nguyên tử nhỏ vào kẻ thù. Taylor là một người hăng hái ủng hộ bom hạt nhân đến mức đã đề xuất dự án Orion, sử dụng bom hạt nhân để đẩy một tàu vũ trụ đến các ngôi sao lân cận. Ông tính toán rằng khi liên tục thả bom hạt nhân sẽ tạo ra sóng xung kích đẩy một phi thuyền với tốc độ gần tốc độ ánh sáng.

Tôi đã từng hỏi ông tại sao ông lại thất vọng từ bỏ việc thiết kế bom hạt nhân và chuyển sang nghiên cứu năng lượng mặt trời. Ông tâm sự rằng mình có một cơn ác mộng định kỳ, rằng vũ khí hạt nhân đã dẫn đến một điều: sản xuất các đầu đạn nguyên tử thế hệ thứ ba. Đầu đạn thế hệ thứ nhất của thập niên 1950 to, nặng, khó bắn trúng mục tiêu. Các đầu đạn thế hệ thứ hai của thập niên 1970 nhỏ, gọn và có thể đặt vừa 10 đầu đạn vào chóp mũi của một tên lửa. Tuy nhiên, bom thế hệ thứ ba được chuyên biệt tối ưu cho các môi trường khác nhau như rừng, sa mạc hoặc ngoài vũ trụ. Một trong những quả bom thế hệ thứ ba này là một quả bom nguyên tử thu nhỏ, nhỏ đến mức một kẻ khủng bố có thể mang trong vali và dùng nó để tiêu diệt toàn bộ thành phố. Ý nghĩ về công việc của mình có thể bị một kẻ khủng bố lợi dụng làm ông day dứt trong suốt phần đời còn lại.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

SỰ NÓNG LÊN TOÀN CẦU

Cho đến tương lai trung hạn, sự ảnh hưởng đầy đủ của một nền kinh tế nhiên liệu hóa thạch sẽ rõ rệt nhất: nóng lên toàn cầu. Hiện nay không thể chối cãi rằng Trái đất đang nóng lên. Trong thế kỷ trước, nhiệt độ của Trái đất tăng 0,73°C và ngày càng tăng tốc. Các dấu hiệu không thể nhầm lẫn ở khắp mọi nơi:

- Độ dày của băng Bắc Cực đã giảm 50% một cách đáng ngạc nhiên chỉ trong vòng 50 năm qua. Phần lớn các tảng băng ở Bắc Cực nằm dưới điểm đóng băng, trôi nổi trên mặt nước. Do đó, nó rất nhạy cảm với các biến đổi nhiệt độ nhỏ của đại dương, đóng vai trò như một hệ thống cảnh báo sớm, giống như một con chim hoàng yến trong hầm mỏ. Ngày nay, một phần chỏm băng cực bắc biến mất trong những tháng mùa hè, và có thể biến mất hoàn toàn trong mùa hè sớm nhất là năm 2015. Các tảng băng có thể biến mất vĩnh viễn vào cuối thế kỷ, làm gián đoạn thời tiết toàn cầu bằng cách thay đổi dòng chảy của đại dương và dòng không khí trên khắp hành tinh.
- Thềm băng Greenland của Anh sụt giảm tới 61 km^2 trong năm 2007. Con số này đã tăng lên 182 km^2 trong năm 2008. (Nếu tất cả băng ở Greenland bằng cách nào đó tan hết, mực nước biển sẽ tăng khoảng sáu mét trên toàn thế giới.)
- Những tảng băng lớn ở Nam Cực, vốn ổn định suốt hàng chục ngàn năm, đang tan dần. Năm 2000, một tảng băng có kích thước bằng bang Connecticut bị vỡ khoảng 10.750 km^2. Năm 2002, một tảng băng có kích thước bằng đảo Rhode đã tách khỏi sông băng Thwaites. (Nếu tất cả băng ở Nam Cực tan chảy, mực nước biển trên toàn thế giới sẽ tăng khoảng 54 m).
- Nếu mực nước biển dâng một mét, sự mở rộng theo chiều ngang của đại dương là khoảng 100 m. Mực nước biển hiện đã tăng 20 cm trong thế kỷ qua, chủ yếu là do sự giãn nở của nước biển khi nóng lên. Theo Liên Hợp Quốc, mực nước biển có thể tăng từ 17 đến 58 cm vào năm 2100. Một số nhà khoa học đã nói rằng báo cáo của Liên Hợp Quốc quá thận trọng trong việc giải thích dữ liệu. Theo các nhà khoa học tại Viện nghiên cứu Bắc Cực và Alpine của Đại học Colorado, vào năm 2100 mực nước biển có thể tăng từ 90 đến 180 cm. Vì vậy, dần dần bản đồ đường bờ biển của Trái đất sẽ thay đổi.

- Nhiệt độ bắt đầu được ghi nhận chính xác vào cuối những năm 1700; năm 1995, 2005 và 2010 là những năm nóng nhất từng được ghi nhận; từ năm 2000 đến năm 2009 là thập kỷ nóng nhất. Tương tự như vậy, mức độ cacbonic đang tăng lên đáng kể. Khí này đang ở mức cao nhất trong vòng 100.000 năm qua.
- Khi Trái đất nóng lên, các bệnh nhiệt đới đang dần dần lan về phía bắc. Sự lây lan gần đây của virus Tây sông Nile do muỗi mang theo có thể là một dấu hiệu cho thấy những điều sắp xảy ra. Các quan chức Liên Hợp Quốc đặc biệt lo ngại về sự lây lan của bệnh sốt rét ở phía bắc. Thông thường, trứng của nhiều côn trùng gây hại sẽ chết vào mùa đông khi đất bị đóng băng. Nhưng mùa đông ngày càng rút ngắn, kéo theo sự lây lan đáng sợ của côn trùng nguy hiểm về phía bắc.

CACBONIC – KHÍ NHÀ KÍNH

Theo Hội đồng Liên Chính phủ về Biến đổi khí hậu của Liên Hợp Quốc, các nhà khoa học đã chắc chắn 90% rằng sự nóng lên toàn cầu được thúc đẩy bởi hoạt động của con người, đặc biệt là sản xuất khí cacbonic thông qua đốt dầu và than. Ánh sáng mặt trời dễ dàng đi qua cacbonic. Nhưng khi ánh sáng mặt trời làm nóng Trái đất, nó tạo ra bức xạ hồng ngoại, không dễ dàng đi qua cacbonic. Năng lượng từ ánh sáng mặt trời không thể thoát ra vào không gian và bị mắc kẹt.

Chúng ta cũng thấy hiệu ứng tương tự trong nhà kính hoặc xe hơi. Ánh sáng mặt trời làm ấm không khí, ngăn không cho chúng thoát ra ngoài qua kính.

Đáng lo ngại, lượng cacbonic xả thải đã tăng rất mạnh, đặc biệt là trong vòng một thế kỷ trước. Trước cuộc cách mạng công nghiệp, hàm lượng cacbonic trong không khí là 270 phần triệu (ppm). Ngày nay, con số này đã tăng vọt lên 387 ppm. (Năm 1900, thế giới tiêu thụ 150 triệu thùng dầu. Năm 2000, con số này đã tăng lên 28 tỷ thùng, gấp

185 lần. Năm 2008, 9,4 tỷ tấn khí cacbonic được xả vào không khí từ việc đốt nhiên liệu hóa thạch và phá rừng nhưng chỉ năm tỷ tấn được tái chế vào đại dương, đất và thảm thực vật. Phần còn lại sẽ ở lại trong không khí trong nhiều thập niên tới, làm nóng Trái đất.)

ĐẾN THĂM ICELAND

Sự gia tăng nhiệt độ không phải là vô cớ, như chúng ta có thể thấy bằng cách phân tích lõi băng. Bằng cách khoan sâu vào tảng băng cổ xưa ở Bắc Cực, các nhà khoa học đã có thể chiết xuất bong bóng khí hàng ngàn năm tuổi. Bằng cách phân tích hóa học không khí trong các bong bóng này, các nhà khoa học có thể tái tạo lại nhiệt độ và hàm lượng cacbonic của khí quyển cách đây hơn 600.000 năm. Chẳng mấy chốc, họ có thể xác định được điều kiện thời tiết một triệu năm trước.

Tôi đã có cơ hội trực tiếp thấy điều này. Trong lần thuyết trình ở Reykjavik, thủ đô của Iceland, tôi được vinh dự đến thăm Đại học Iceland, nơi đang phân tích các lõi băng. Khi máy bay hạ cánh ở Reykjavik, ban đầu tất cả những gì bạn thấy là tuyết và đá lởm chởm, giống như phong cảnh ảm đạm trên Mặt trăng. Mặc dù cằn cỗi và khó di chuyển, địa hình làm cho Bắc Cực trở thành một nơi lý tưởng để phân tích khí hậu Trái đất hàng trăm nghìn năm trước.

Khi đến thăm phòng thí nghiệm, được giữ ở nhiệt độ đóng băng, tôi phải đi qua cánh cửa tủ lạnh dày. Khi ở trong, tôi có thể thấy nhiều giá đỡ chứa các ống kim loại dài, mỗi ống có đường kính khoảng 3,5 cm và dài khoảng 3 m. Mỗi ống rỗng đã được khoan sâu xuống sông băng. Khi xuyên qua lớp băng, các ống này lấy mẫu từ tuyết rơi hàng ngàn năm trước. Khi các ống được tháo ra, tôi có thể kiểm tra cẩn thận thành phần băng giá trong từng ống. Lúc đầu, tôi chỉ thấy một cột băng trắng dài. Nhưng khi kiểm tra kỹ hơn, tôi có thể thấy lớp băng có các đường sọc nhỏ khác màu.

Các nhà khoa học phải sử dụng nhiều kỹ thuật để xác định tuổi của lớp băng. Một số lớp băng chứa các điểm đánh dấu cho thấy các sự



kiện quan trọng, chẳng hạn như bồ hóng phát ra từ một vụ phun trào núi lửa. Do thời gian các vụ phun trào này được xác định khá chính xác, người ta có thể dùng chúng để định tuổi lớp băng.

Những lõi băng này sau đó được cắt thành nhiều lát để phân tích. Khi quan sát dưới kính hiển vi, tôi thấy những bong bóng cực nhỏ. Tôi rùng mình nhận ra mình đã nhìn thấy những bong bóng khí từ hàng chục ngàn năm trước, trước cả khi nền văn minh nhân loại trỗi dậy.

Hàm lượng cacbonic trong mỗi bong bóng khí dễ dàng đo được. Nhưng tính toán nhiệt độ không khí khi bắt đầu hình thành băng khó khăn hơn. (Để làm được điều này, các nhà khoa học phân tích nước trong bong bóng. Các phân tử nước có thể chứa các đồng vị khác nhau của nguyên tử hydro. Khi nhiệt độ giảm, các đồng vị nước nặng ngưng tụ nhanh hơn các phân tử nước thường. Bằng cách đo lượng đồng vị nước nặng, ta có thể tính được nhiệt độ mà phân tử nước ngưng tụ.)

Cuối cùng, sau khi phân tích tỉ mỉ hàng ngàn lõi băng, các nhà khoa học này đã đi đến một số kết luận quan trọng. Họ phát hiện ra nhiệt độ và lượng khí cacbonic đã dao động song song, giống như hai tàu lượn siêu tốc di chuyển cùng nhau, đồng bộ qua hàng ngàn năm. Khi một chiếc lên cao hay hạ thấp, thì chiếc kia cũng vậy.

Quan trọng nhất, họ phát hiện sự tăng đột biến nhiệt độ và hàm lượng cacbonic đột ngột xảy ra ngay trong thế kỷ trước. Điều này là rất bất thường, vì hầu hết các biến động xảy ra từ từ qua hàng thiên niên kỷ. Sự gia tăng đột biến này không phải là một phần của quá trình làm nóng tự nhiên, các nhà khoa học cho rằng, đó là một chỉ báo trực tiếp về hoạt động của con người.

Có nhiều cách khác chỉ ra sự tăng đột biến này là do hoạt động của con người, và đó không phải là chu kỳ tự nhiên. Mô phỏng máy tính hiện nay tiến bộ đến mức chúng ta có thể mô phỏng nhiệt độ của Trái đất khi có và không có sự tác động của con người. Nếu không có nền văn minh sản xuất cacbonic, chúng ta sẽ thấy một đường đồ thị nhiệt độ tương đối phẳng. Nhưng với tác động của con người, cả nhiệt

độ và lượng cacbonic có thể tăng đột biến. Dự đoán tăng đột biến phù hợp với mức tăng đột biến thực tế một cách hoàn hảo.

Cuối cùng, người ta có thể đo lượng ánh sáng mặt trời chiếu vào mỗi mét vuông bề mặt Trái đất. Các nhà khoa học cũng có thể tính toán lượng nhiệt được phản xạ vào không gian bên ngoài. Thông thường, chúng ta mong con số đầu ra phải bằng với đầu vào. Nhưng trên thực tế, chúng ta thấy lượng năng lượng thực đang làm nóng Trái đất. Sau đó, nếu tính toán lượng năng lượng được tạo ra bởi hoạt động của con người, chúng ta sẽ có sự trùng hợp hoàn hảo. Do đó, chính hoạt động của con người đang khiến Trái đất ngày nay nóng lên.

Thật không may, ngay cả khi chúng ta đột nhiên ngừng thải cacbonic, thì khí cacbonic trong khí quyển vẫn đủ để tiếp tục hâm nóng toàn cầu trong nhiều thập kỷ tới.

Kết quả là, cho đến tương lai trung hạn, tình hình có thể rất thảm khốc.

Các nhà khoa học đã đưa ra hình ảnh về các thành phố ven biển vào tương lai trung hạn này và xa hơn nữa nếu mực nước biển tiếp tục tăng. Các thành phố ven biển có thể sẽ biến mất. Phần lớn Manhattan có thể phải được sơ tán, Phố Wall chìm dưới nước. Chính phủ sẽ phải quyết định thành phố quan trọng nào, thủ đô nào đáng để cứu và thành phố nào ngoài tầm với. Một số thành phố có thể được lưu thông nhờ sự kết hợp của đê và cổng nước tinh vi. Các thành phố khác có thể được coi là vô vọng và được phép biến mất dưới đại dương, tạo ra sự di dân hàng loạt. Vì hầu hết các trung tâm thương mại và dân cư trên thế giới đều nằm cạnh đại dương, điều này có thể có ảnh hưởng tai hại đến nền kinh tế thế giới.

Ngay cả khi một số thành phố có thể được cứu vãn, vẫn có nguy cơ bão lớn đẩy nước dâng vào thành phố, làm tê liệt cơ sở hạ tầng. Ví dụ, vào năm 1992, một cơn bão lớn đã khiến Manhattan ngập lụt, làm tê liệt hệ thống tàu điện ngầm và xe lửa đến New Jersey. Tình trạng đường sá ngập lụt sẽ khiến nền kinh tế đình trệ.

LỤT LỘI Ở BANGLADESH VÀ VIỆT NAM

Một báo cáo của Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu đã phân lập ba điểm nóng cho thảm họa tiềm năng: Bangladesh, đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam và đồng bằng sông Nile ở Ai Cập.

Tình hình tồi tệ nhất là ở Bangladesh, đất nước thường xuyên bị ngập lụt do bão ngay cả khi không có sự nóng lên toàn cầu. Phần lớn đất nước đều bằng phẳng và ở ngang mực nước biển. Mặc dù đã đạt được những thành tựu đáng kể trong vài thập kỷ qua, nhưng đây vẫn là một trong những quốc gia nghèo bậc nhất, với mật độ dân số cao bậc nhất thế giới. (Dân số 161 triệu người, tương đương với dân số của Nga, nhưng diện tích nhỏ hơn 120 lần.) Khoảng 50% diện tích đất sẽ bị ngập vĩnh viễn nếu mực nước biển dâng cao một mét. Thiên tai xảy ra hầu như mỗi năm, nhưng vào tháng 9 năm 1998, thế giới đã chứng kiến một cảnh tượng thiên tai kinh hoàng mà có thể trở nên phổ biến. Lũ lụt nặng nề nhấn chìm 2/3 đất nước, khiến 30 triệu người mất nhà cửa sau một đêm; 1.000 người chết, và 9.500 km đường đã bị phá hủy. Đây là một trong những thảm họa tự nhiên tồi tệ nhất trong lịch sử hiện đại.

Một quốc gia khác sẽ bị tàn phá bởi mực nước biển tăng lên là Việt Nam, với đồng bằng sông Cửu Long đặc biệt dễ bị ảnh hưởng. Đến tương lai trung hạn, Việt Nam có thể phải đối mặt với sự sụp đổ của vựa lúa chính. Một nửa số gạo ở Việt Nam được trồng ở đồng bằng sông Cửu Long và phần lớn trong số đó sẽ bị ngập vĩnh viễn do mực nước biển dâng cao. Theo Ngân hàng Thế giới, 11% dân số sẽ phải di dời nếu mực nước biển dâng cao khoảng một mét trong tương lai trung hạn. Đồng bằng sông Cửu Long cũng sẽ bị ngập mặn, phá hủy vĩnh viễn đất màu mỡ của khu vực. Nếu hàng triệu người bị ngập, nhiều người sẽ đổ xô đến Thành phố Hồ Chí Minh nương náu. Nhưng một phần tư thành phố này cũng sẽ chìm dưới nước.

Năm 2003, Lầu Năm Góc đưa ra nghiên cứu của Mạng lưới Kinh doanh Toàn cầu, cho thấy trong trường hợp xấu nhất, sự hỗn loạn có

thể lan rộng khắp thế giới do sự nóng lên toàn cầu. Khi hàng triệu người tị nạn vượt qua biên giới quốc gia, chính phủ có thể mất quyền lực và sụp đổ, vì vậy các nước có thể rơi vào cơn ác mộng của cướp bóc và hỗn loạn. Trong tình huống tuyệt vọng này, các quốc gia, khi phải đối mặt với viễn cảnh của hàng triệu người tuyệt vọng, có thể dùng đến vũ khí hạt nhân.

"Hình dung Pakistan, Ấn Độ và Trung Quốc – tất cả đều trang bị vũ khí hạt nhân – đụng độ với người tị nạn tại biên giới, tiếp cận các con sông chung và đất canh tác." Báo cáo cho biết. Peter Schwartz, người sáng lập Mạng lưới Kinh doanh Toàn cầu và là tác giả chính của nghiên cứu Lầu Năm Góc, đã chia sẻ với tôi về các chi tiết của kịch bản này. Ông cho biết điểm nóng lớn nhất sẽ là biên giới giữa Ấn Độ và Bangladesh. Trong một cuộc khủng hoảng lớn ở Bangladesh, sẽ có tới 160 triệu người phải di dời khỏi nhà, dẫn đến một trong những cuộc di cư vĩ đại nhất trong lịch sử nhân loại. Căng thẳng có thể nhanh chóng gia tăng khi biên giới sụp đổ, chính quyền địa phương tê liệt và bạo động nổ ra hàng loạt. Schwartz cho rằng các quốc gia có thể sử dụng vũ khí hạt nhân như một phương sách cuối cùng.

Trong trường hợp xấu nhất, chúng ta có thể chịu hiệu ứng nhà kính tự cấp. Ví dụ, sự tan chảy của lãnh nguyên Bắc Cực có thể giải phóng hàng triệu tấn khí metan từ thảm thực vật mục nát. Lãnh nguyên rộng gần 23 triệu km^2 ở Bắc bán cầu, bao gồm thực vật đóng băng kể từ kỷ nguyên băng hà gần nhất hàng chục ngàn năm trước. Vùng lãnh nguyên này chứa nhiều khí cacbonic và metan hơn bầu khí quyển, và đặt ra một mối đe dọa to lớn cho thời tiết trên Trái đất. Hơn nữa, khí metan là một khí nhà kính nguy hiểm hơn nhiều so với khí cacbonic. Nó không ở trong khí quyển lâu, nhưng gây ra nhiều thiệt hại hơn cacbonic. Việc giải phóng nhiều khí metan từ lãnh nguyên tan chảy có thể khiến nhiệt độ tăng nhanh chóng, thải ra thậm chí nhiều khí metan hơn nữa, dẫn đến một chu kỳ nóng lên toàn cầu mất kiểm soát.

CÁC BIỆN PHÁP KỸ THUẬT

Tình hình rất nghiêm trọng, nhưng vẫn chưa đến mức không thể cứu vãn. Vấn đề kiểm soát khí nhà kính phần lớn là vấn đề kinh tế và chính trị, không phải là kỹ thuật. Sản xuất cacbonic đồng nghĩa với hoạt động kinh tế, đi cùng của cải. Ví dụ, Mỹ tạo ra khoảng 25% lượng khí cacbonic trên toàn thế giới. Điều này là do Mỹ chiếm khoảng 25% hoạt động kinh tế thế giới. Và trong năm 2009, Trung Quốc đã vượt qua Mỹ trong việc tạo ra khí nhà kính, chủ yếu do sự tăng trưởng bùng nổ của nền kinh tế. Đây là lý do cơ bản mà các quốc gia rất miễn cưỡng đối phó với sự nóng lên toàn cầu: nó cản trở hoạt động kinh tế và thịnh vượng.

Các kế hoạch khác nhau đã được đưa ra để đối phó với cuộc khủng hoảng toàn cầu này, nhưng cuối cùng, một giải pháp tức thời có thể không đủ. Chỉ có sự thay đổi mạnh mẽ trong cách chúng ta tiêu thụ năng lượng mới giải quyết được vấn đề. Một số biện pháp kỹ thuật đã được các nhà khoa học nghiêm túc ủng hộ, nhưng chưa có biện pháp nào được chấp nhận rộng rãi. Các đề xuất bao gồm:

- **Đưa các chất gây ô nhiễm vào khí quyển.** Một đề xuất là gửi tên lửa vào thượng tầng khí quyển, nơi chúng sẽ phóng thích các chất gây ô nhiễm, như lưu huỳnh điôxít, để phản xạ ánh sáng mặt trời vào không gian, do đó làm mát Trái đất. Trên thực tế, nhà khoa học đoạt giải Nobel Paul Crutzen đã ủng hộ việc đưa chất gây ô nhiễm bắn vào không gian như một "thiết bị ngày tận thế", mang lại lối thoát cuối cùng cho nhân loại để ngăn chặn sự nóng lên toàn cầu. Ý tưởng này có nguồn gốc vào năm 1991, khi các nhà khoa học cẩn thận theo dõi vụ phun trào khổng lồ của núi lửa Pinatubo ở Philippines, trong đó thải ra 10 tỷ tấn bụi bẩn và các mảnh vỡ vào thượng tầng khí quyển. Đám mây bụi khổng lồ che kín bầu trời và giảm nhiệt độ trung bình trên Trái đất 0,56°C. Qua đó có thể tính toán lượng chất ô nhiễm cần thiết để giảm nhiệt độ thế giới.

Mặc dù đây là một đề xuất nghiêm túc, nhưng một số nhà phê bình cho rằng nó chưa thể giải quyết vấn đề. Hiện chưa có nhiều nghiên cứu về việc một số lượng lớn các chất gây ô nhiễm ảnh hưởng đến nhiệt độ thế giới như thế nào. Có thể lợi ích sẽ chỉ là tức thời, còn các tác dụng phụ ngoài ý muốn có thể tồi tệ hơn cả vấn đề ban đầu. Ví dụ, lượng mưa toàn cầu đã sụt giảm đột ngột sau khi núi lửa Pinatubo phun trào; nếu thí nghiệm trở nên tồi tệ, nó có thể gây ra hạn hán lớn. Ước tính cho thấy cần 100 triệu đô la để tiến hành các thử nghiệm thực địa. Vì ảnh hưởng của các bình xịt sulfat chỉ tạm thời, nên cần tối thiểu tám tỷ đô la mỗi năm để bơm định kỳ một lượng lớn vào khí quyển.

- **Tạo tảo nở hoa**. Một gợi ý khác là đổ hóa chất sắt vào đại dương. Những khoáng chất dinh dưỡng này sẽ khiến tảo phát triển mạnh trong đại dương, hấp thu mạnh khí cacbonic. Tuy nhiên, sau khi Planktos, một công ty có trụ sở tại California, tuyên bố sẽ đơn phương bắt đầu một nỗ lực để đưa sắt vào một phần Nam Đại Tây Dương – hy vọng có thể tạo ra những sinh vật phù du hấp thu khí cacbonic trong không khí – các quốc gia bị ràng buộc bởi Công ước London, quy định về việc đổ chất thải trên biển, đã ban hành một "tuyên bố lo ngại" về nỗ lực này. Ngoài ra, một tổ chức của Liên Hợp Quốc cũng kêu gọi tạm ngưng các thí nghiệm như vậy. Thử nghiệm cũng kết thúc khi Planktos cạn vốn.
- **Cô lập cacbon**. Quá trình cô lập cacbon là một khả năng khác cho phép cacbonic phát ra từ các nhà máy điện đốt than được hóa lỏng và sau đó tách ra khỏi môi trường, có lẽ bằng cách chôn dưới lòng đất. Mặc dù điều này về nguyên tắc là có thể khả thi, nhưng quá trình thực hiện rất tốn kém, và không thể loại bỏ cacbonic đã được đưa vào khí quyển. Năm 2009, các kỹ sư đã theo dõi cẩn thận thử nghiệm cô lập cacbon chủ

chốt đầu tiên. Nhà máy điện Mountaineer khổng lồ, được xây dựng vào năm 1980 ở Tây Virginia, đã được cải tiến để tách cacbonic khỏi môi trường, biến nó trở thành nhà máy đốt than phát điện đầu tiên của Mỹ thí điểm với việc cô lập. Khí hóa lỏng sẽ được bơm xuống sâu 2.400 m dưới lòng đất để tạo thành một lớp dolomite. Chất lỏng cuối cùng sẽ hình thành một khối cao từ 9 đến 12 m và dài hàng trăm mét. Chủ sở hữu của nhà máy, American Electric Power, có kế hoạch bơm 100.000 tấn cacbonic mỗi năm trong vòng hai đến năm năm. Đây chỉ là 1,5% lượng phát thải hàng năm của nhà máy, nhưng cuối cùng hệ thống có thể thu hồi tới 90%. Chi phí ban đầu khoảng 73 triệu USD. Nhưng nếu thành công, mô hình này có thể nhanh chóng được phổ biến đến các địa điểm khác như bốn nhà máy đốt than khổng lồ gần đó tạo ra sáu tỷ watt năng lượng (nhiều đến mức khu vực này được gọi là Thung lũng Megawatt). Có những ẩn số lớn: không rõ liệu cacbonic cuối cùng sẽ di chuyển hay khí sẽ kết hợp với nước, có lẽ tạo ra axít cacbonic có thể gây nhiễm độc nước ngầm. Tuy nhiên, nếu dự án thành công, nó có thể là một phần của sự pha trộn các công nghệ được sử dụng để đối phó với sự nóng lên toàn cầu.

- **Kỹ thuật di truyền**. Một đề xuất khác là sử dụng kỹ thuật di truyền để tạo ra các dạng sống có thể hấp thụ một lượng lớn cacbonic. Người khởi xướng nhiệt tình phương pháp này là J. Craig Venter, nổi tiếng giàu có nhờ giải trình tự hệ gen của con người trước thời hạn. "Chúng tôi xem hệ gen là phần mềm, hoặc thậm chí là hệ điều hành của tế bào." Ông nói. Mục tiêu của ông là viết lại phần mềm đó, để vi khuẩn có thể biến đổi gen, hoặc thậm chí được xây dựng gần như từ đầu, để chúng hấp thụ cacbonic từ các nhà máy đốt than và biến nó thành các chất hữu ích, chẳng hạn như khí tự nhiên. Ông lưu ý: "Đã có hàng ngàn, có lẽ hàng triệu sinh vật trên hành tinh của

> chúng ta biết cách làm điều này." Bí quyết là sửa đổi chúng để tăng sản lượng và phát triển mạnh trong một nhà máy đốt than. "Chúng tôi nghĩ rằng lĩnh vực này có tiềm năng to lớn để thay thế ngành công nghiệp hóa dầu, có thể trong vòng một thập kỷ tới." Ông lạc quan chia sẻ.

Nhà vật lý người Anh Freeman Dyson đã ủng hộ một phương pháp khác, tạo ra nhiều loại cây biến đổi gen có khả năng hấp thụ cacbonic. Ông tuyên bố có lẽ một nghìn tỷ cây như vậy có thể đủ để kiểm soát lượng khí cacbonic trong không khí. Trong bài báo "Chúng ta có thể kiểm soát cacbonic trong khí quyển không?" Ông ủng hộ việc tạo ra một "ngân hàng cacbon" bằng "cây phát triển nhanh" để điều chỉnh mức khí cacbonic.

Tuy nhiên, như với mọi kế hoạch sử dụng kỹ thuật di truyền trên quy mô lớn, ta phải cẩn thận về tác dụng phụ. Chúng ta không thể thu hồi một dạng sống giống như chiếc xe bị lỗi. Một khi nó được giải phóng vào môi trường, dạng sống biến đổi gen có thể gây ra hậu quả ngoài ý muốn đối với các dạng sống khác, đặc biệt nếu nó chiếm chỗ các loài thực vật địa phương và làm rối loạn cân bằng sinh thái.

Đáng buồn thay, các chính trị gia đã rất hờ hững trong việc tài trợ cho bất kỳ kế hoạch nào. Tuy nhiên, một ngày nào đó, sự nóng lên toàn cầu sẽ trở nên nghiêm trọng và nguy hiểm đến mức các chính trị gia buộc phải áp dụng một trong số các biện pháp.

Vài thập kỷ tới sẽ là giai đoạn vô cùng quan trọng. Đến tương lai trung hạn, chúng ta có lẽ sẽ ở trong thời đại hydro, nơi sự kết hợp của nhiệt hạch, năng lượng mặt trời và năng lượng tái tạo mang lại một nền kinh tế ít phụ thuộc vào tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch. Sự kết hợp giữa lực thị trường và tiến bộ trong công nghệ hydro sẽ cung cấp một giải pháp lâu dài chống lại sự nóng lên toàn cầu. Giai đoạn nguy hiểm là hiện tại, trước khi một nền kinh tế hydro được đặt ra. Trong ngắn hạn, nhiên liệu hóa thạch vẫn là cách rẻ nhất để tạo ra năng lượng, và do đó sự nóng lên toàn cầu vẫn là nguy cơ trong nhiều thập kỷ tới.

NĂNG LƯỢNG NHIỆT HẠCH

Cho đến tương lai trung hạn, một lựa chọn mới phát sinh có thể thay đổi cục diện: nhiệt hạch. Đến thời điểm đó, đây có lẽ là phương án khả thi nhất, mang lại một giải pháp lâu dài. Trong khi năng lượng phân hạch phụ thuộc vào việc tách nguyên tử urani, tạo ra năng lượng (và một lượng lớn chất thải hạt nhân), năng lượng nhiệt hạch phụ thuộc vào việc nung chảy nguyên tử hydro với nhiệt lớn, do đó giải phóng năng lượng nhiều hơn (với rất ít chất thải).

Không giống như năng lượng phân hạch, năng lượng nhiệt hạch giải phóng năng lượng hạt nhân của mặt trời. Chôn sâu bên trong nguyên tử hydro là nguồn năng lượng của vũ trụ. Năng lượng nhiệt hạch thắp sáng mặt trời và bầu trời. Đó là bí ẩn của các ngôi sao. Bất cứ ai có thể kiểm soát sức mạnh nhiệt hạch sẽ giải phóng được năng lượng vĩnh cửu không giới hạn. Và nhiên liệu cho các nhà máy nhiệt hạch này xuất phát từ nước biển thông thường. Để so sánh, nhiệt hạch phát ra năng lượng nhiều gấp 10 triệu lần so với xăng. Một ly nước 230 gram tương đương với lượng năng lượng của 500.000 thùng dầu.

Nhiệt hạch (không phải phân hạch) là cách thiên nhiên tỏa năng lượng cho vũ trụ. Trong quá trình hình thành sao, một quả bóng giàu hydro bị lực hấp dẫn nén dần, cho đến khi lên đến nhiệt độ rất lớn. Khi khí đạt khoảng 50 triệu độ hoặc hơn (thay đổi tùy theo điều kiện cụ thể), hạt nhân hydro bên trong khí liên kết với nhau, cho đến khi chúng kết hợp thành heli. Trong quá trình này, một lượng lớn năng lượng được giải phóng, khiến cho khí này bốc cháy. (Chính xác hơn, việc nén phải thỏa mãn tiêu chuẩn Lawson, theo đó phải nén khí hydro ở một áp suất nhất định đến một nhiệt độ nhất định trong một khoảng thời gian nhất định. Đáp ứng đủ ba điều kiện áp suất, nhiệt độ và thời gian này, mới xảy ra phản ứng nhiệt hạch, cho dù đó là một quả bom hydro, một ngôi sao hay một phản ứng tổng hợp trong lò phản ứng.)

Vì vậy, chìa khóa là: đốt nóng và nén khí hydro cho đến khi các hạt nhân hợp nhất, giải phóng lượng năng lượng vũ trụ.

Nhưng những nỗ lực trước đây để khai thác sức mạnh vũ trụ này đã thất bại. Đốt nóng khí hydro đến hàng chục triệu độ, cho đến khi các proton hợp nhất để hình thành khí heli và giải phóng một lượng năng lượng khổng lồ là một nhiệm vụ cực kỳ khó khăn.

Hơn nữa, công chúng hoài nghi về những tuyên bố này, vì cứ 20 năm các nhà khoa học lại tuyên bố sẽ đạt được năng lượng nhiệt hạch trong 20 năm tới. Nhưng sau nhiều thập niên tuyên bố thái quá, các nhà vật lý ngày càng thuyết phục được rằng sức mạnh nhiệt hạch cuối cùng cũng đến, có lẽ vào khoảng năm 2030. Khoảng đến tương lai trung hạn, chúng ta có thể thấy các nhà máy nhiệt hạch nằm rải rác ở vùng nông thôn.

Công chúng có quyền hoài nghi về nhiệt hạch, vì đã có quá nhiều trò lừa đảo, gian lận và thất bại trong quá khứ. Trở lại năm 1951, khi Mỹ và Liên Xô còn đang căng thẳng trong Chiến tranh Lạnh và điên cuồng phát triển quả bom hydro đầu tiên, Tổng thống Juan Perón của Argentina đã tuyên bố rầm rộ trên các phương tiện truyền thông, rằng các nhà khoa học Argentina đã có đột phá trong việc kiểm soát sức mạnh năng lượng mặt trời. Câu chuyện đã làm dậy sóng dư luận. Điều này dường như thật khó tin, nhưng nó đã chiếm các trang đầu của tờ *New York Times*. Perón huyênh hoang rằng Argentina đã có một bước đột phá khoa học lớn, trong khi các siêu cường thì thất bại. Một nhà khoa học vô danh, Ronald Richter, đã thuyết phục Perón tài trợ cho dự án "thermotron", hứa hẹn năng lượng không giới hạn và vinh quang vĩnh cửu cho Argentina.

Cộng đồng khoa học Mỹ, vẫn đang vật lộn với nhiệt hạch trong cuộc đua khốc liệt với Nga để sản xuất bom H, cho rằng tuyên bố này là vớ vẩn. Nhà khoa học nguyên tử Ralph Lapp nói: "Tôi biết người Argentina đang dùng vật liệu gì. Đó là thứ chả ra gì (baloney)."

Báo chí nhanh chóng gọi luôn đó là bom Baloney. Nhà khoa học nguyên tử David Lilienthal được hỏi liệu có "cơ hội nhỏ nhất" để người Argentina có thể đúng hay không. Anh đáp lại: "Nhỏ hơn cả thế."

Dưới áp lực dữ dội, Perón khăng khăng cho rằng các siêu cường đang ghen tị với chuyện bị Argentina vượt mặt. Khoảnh khắc chân lý cuối cùng cũng đến vào năm sau, khi các đại diện của Perón đến thăm phòng thí nghiệm của Richter. Richter hành động ngày càng thất thường và kỳ quái. Khi các thanh tra đến, anh ta dùng bình oxy làm nổ phòng thí nghiệm và sau đó viết nguệch ngoạc trên một mảnh giấy ghi dòng chữ "năng lượng nguyên tử". Anh ta ra lệnh đổ thuốc súng vào lò phản ứng. Sự thật có lẽ là anh ta bị điên. Khi các thanh tra đặt một miếng radi bên cạnh "bộ đếm bức xạ" của Richter, không có gì xảy ra, nên rõ ràng thiết bị của anh ta là giả. Richter sau đó bị bắt.

Nhưng trường hợp nổi tiếng nhất là của Stanley Pons và Martin Fleischmann, hai nhà hóa học được trọng vọng của Đại học Utah, những người năm 1989 tuyên bố đã làm chủ được "phản ứng nhiệt hạch lạnh" hay nhiệt hạch ở nhiệt độ phòng. Họ tuyên bố đã đặt kim loại palladi trong nước, sau đó bằng cách nào đó đã nén các nguyên tử hydro một cách kỳ diệu cho đến khi chúng hợp nhất thành heli, giải phóng sức mạnh của mặt trời trên một bàn thí nghiệm.

Cú sốc có hiệu ứng tức thì. Hầu hết các tờ báo trên thế giới đều chạy tin khám phá này trên trang nhất. Qua một đêm, các nhà báo đã nói về kết thúc cuộc khủng hoảng năng lượng và mở ra một kỷ nguyên mới với năng lượng vô tận. Truyền thông thế giới dậy sóng. Tiểu bang Utah ngay lập tức đã thông qua một dự luật trị giá năm triệu đô la để thành lập Viện Nhiệt hạch lạnh quốc gia. Ngay cả các nhà sản xuất xe hơi Nhật Bản cũng đã bắt đầu quyên tặng hàng triệu đô la để thúc đẩy nghiên cứu trong lĩnh vực mới nóng bỏng này. Giống như một sự cuồng giáo đã nổi lên với phản ứng nhiệt hạch lạnh.

Không giống như Richter, Pons và Fleischmann được cộng đồng khoa học tôn vinh và vui mừng chia sẻ kết quả của họ với những người khác. Họ cẩn thận công khai thiết bị và dữ liệu cho thế giới.

Nhưng sau đó mọi thứ trở nên phức tạp. Do thiết bị rất đơn giản, các nhóm trên khắp thế giới đã cố gắng lặp lại những kết quả

đáng kinh ngạc này. Thật không may, hầu hết đều thất bại trong việc tạo ra năng lượng, tuyên bố nhiệt hạch lạnh chấm dứt. Tuy nhiên, câu chuyện vẫn được duy trì vì có những tuyên bố rời rạc rằng các nhóm nhất định đã sao chép thử nghiệm thành công.

Cuối cùng, cộng đồng vật lý cân nhắc. Họ phân tích các phương trình của Pons và Fleischmann và thấy chúng thiếu sót. Đầu tiên, nếu tuyên bố của họ là chính xác, hàng loạt neutron phát ra từ cốc nước đã giết chết Pons và Fleischmann. (Trong phản ứng nhiệt hạch điển hình, hai hạt nhân hydro kết hợp với nhau và hợp nhất, tạo ra năng lượng, một hạt nhân heli, và cũng là một neutron.) Vì vậy, thực tế Pons và Fleischmann vẫn còn sống có nghĩa là thí nghiệm không hoạt động. Nếu thí nghiệm của họ tạo ra được phản ứng nhiệt hạch lạnh, họ sẽ chết vì bỏng bức xạ. Thứ hai, nhiều khả năng Pons và Fleischmann đã tìm thấy phản ứng hóa học hơn là phản ứng nhiệt hạch. Và cuối cùng, các nhà vật lý kết luận, kim loại paladi không thể liên kết các nguyên tử hydro đủ chặt chẽ để khiến hydro kết hợp thành heli. Nó sẽ vi phạm các định luật của lý thuyết lượng tử.

Nhưng cuộc tranh cãi không có hồi kết, thậm chí vẫn còn kéo dài đến tận ngày nay. Vẫn có những tuyên bố không thường xuyên rằng ai đó đã đạt được phản ứng nhiệt hạch lạnh. Vấn đề là không ai có thể đạt được sự nhiệt hạch lạnh theo yêu cầu. Xét cho cùng, có ý nghĩa gì khi tạo ra một động cơ ô tô chỉ thỉnh thoảng mới hoạt động? Khoa học luôn luôn phải được dựa trên kết quả có thể tái hiện, có thể kiểm chứng và có thể phản nghiệm.

NHIỆT HẠCH NÓNG

Nhưng lợi thế của năng lượng nhiệt hạch là quá lớn đến mức nhiều nhà khoa học đã không thể làm ngơ.

Ví dụ, phản ứng nhiệt hạch gây ô nhiễm tối thiểu. Nó tương đối sạch, và là cách tự nhiên để tiếp năng lượng cho vũ trụ. Một sản phẩm phụ của phản ứng nhiệt hạch là khí heli, rất có giá trị thương mại. Một

loại khác là thép phóng xạ của buồng nhiệt hạch cần được đem chôn. Nó chỉ hơi nguy hiểm trong vài thập kỷ. Nhưng nhà máy nhiệt hạch tạo ra lượng chất thải hạt nhân không đáng kể so với nhà máy phân hạch urani truyền thống (tạo ra 30 tấn chất thải hạt nhân tầm cao mỗi năm kéo dài từ hàng chục đến hàng chục triệu năm).

Ngoài ra, các nhà máy nhiệt hạch không thể bị nóng chảy thảm khốc. Các nhà máy phân hạch urani, chứa hàng tấn chất thải hạt nhân cao cấp trong lõi, tạo ra một lượng nhiệt khủng khiếp ngay cả sau khi tắt máy. Lượng nhiệt dư này cuối cùng có thể làm tan chảy thép rắn và xâm nhập vào nước ngầm, tạo ra một vụ nổ hơi nước và cơn ác mộng của tai nạn China Syndrome.

Nhà máy nhiệt hạch vốn đã an toàn hơn. "Sự nóng chảy nhiệt hạch" là một khái niệm mâu thuẫn. Ví dụ, nếu tắt từ trường lò phản ứng nhiệt hạch, plasma nóng sẽ trào lên thành lò và quá trình nhiệt hạch sẽ dừng lại ngay lập tức. Vì vậy, một nhà máy nhiệt hạch, thay vì phát động một phản ứng dây chuyền mất kiểm soát, sẽ tự động tắt trong trường hợp xảy ra tai nạn.

Farrokh Najmabadi, người đứng đầu Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng tại Đại học California ở San Diego cho biết: "Ngay cả khi nhà máy bị san bằng, mức bức xạ cách hàng rào nhà máy một cây số sẽ nhỏ đến mức việc di tản là không cần thiết."

Năng lượng nhiệt hạch thương mại có tất cả những ưu điểm tuyệt vời này, duy có điều: nó chưa tồn tại. Chưa một ai có thể tạo ra một nhà máy nhiệt hạch hoạt động.

Nhưng các nhà vật lý thì lạc quan một cách thận trọng. David E. Baldwin của General Atomics, người giám sát một trong những lò phản ứng nhiệt hạch lớn nhất ở Mỹ, DIII-D phát biểu: "Một thập kỷ trước, một số nhà khoa học đã đặt câu hỏi liệu nhiệt hạch có khả thi hay không, ngay cả trong phòng thí nghiệm. Bây giờ nhiệt hạch đã tồn tại. Câu hỏi đặt ra là liệu quá trình này có kinh tế hay không."

NIF – NHIỆT HẠCH BẰNG LASER

Tất cả điều này có thể thay đổi đáng kể trong vài năm tới.

Một số phương pháp tiếp cận đang được thử nghiệm đồng thời, và sau hàng thập kỷ thất bại, các nhà vật lý tin rằng cuối cùng họ sẽ đạt được quá trình nhiệt hạch. Tại Pháp, có lò phản ứng thử nghiệm nhiệt hạch quốc tế (ITER), được hỗ trợ bởi nhiều quốc gia châu Âu, Mỹ, Nhật Bản và các quốc gia khác. Và ở Mỹ, có Cơ sở nghiên cứu Kích nổ Quốc gia (NIF).

Tôi đã có cơ hội đến thăm máy nhiệt hạch laser NIF, và đó là một cảnh tượng khổng lồ. Do liên quan mật thiết với bom hydro, lò phản ứng NIF được đặt tại Phòng thí nghiệm quốc gia Lawrence Livermore, nơi quân đội thiết kế đầu đạn hydro. Tôi đã phải vượt qua nhiều lớp bảo mật để được quyền tham quan.

Nhưng khi tôi đến lò phản ứng, đó thực sự là một trải nghiệm tuyệt vời. Tôi thường thấy thiết bị laser trong các phòng thí nghiệm đại học (trên thực tế, một trong những phòng thí nghiệm laser lớn nhất ở bang New York nằm ngay bên dưới văn phòng tôi tại Đại học Thành phố New York), nhưng cơ sở NIF thì thực sự làm tôi choáng ngợp. Nó được đặt trong một tòa nhà 10 tầng có kích thước ba sân bóng đá, với 192 chùm tia laser khổng lồ được chiếu xuống một đường hầm dài. Đây là hệ thống thiết bị laser lớn nhất thế giới, cung cấp năng lượng nhiều gấp 60 lần các hệ thống laser trước đây.

Mỗi chùm laser được chiếu xuống đường hầm vào một loạt gương để hội tụ vào một bia có kích thước đầu kim nhỏ, chứa deuteri và triti (hai đồng vị của hydro). Thật đáng kinh ngạc, 500 nghìn tỷ watt năng lượng laser tập trung vào một khối hình trụ nhỏ xíu mà hầu như không thể nhìn thấy bằng mắt thường, thiêu đốt nó đến 100 triệu độ, nóng hơn nhiều so với lõi mặt trời. (Năng lượng của xung khổng lồ đó tương đương với sản lượng của nửa triệu nhà máy điện hạt nhân trong một thời gian ngắn.) Bề mặt của khối hình trụ vi mô này nhanh chóng bốc

hơi, tạo ra một sóng xung kích ép khối trụ lại và giải phóng năng lượng nhiệt hạch.

Chiếc máy này được hoàn thành vào năm 2009 và hiện đang trải qua các cuộc kiểm tra. Nếu mọi thứ suôn sẻ, đây có thể là chiếc máy đầu tiên tạo ra nhiều năng lượng như nó tiêu thụ. Mặc dù không được thiết kế để sản xuất điện thương mại, nhưng nó sẽ cho thấy chùm tia laser có thể được tập trung để làm nóng các vật liệu giàu hydro và tạo ra năng lượng.

Tôi đã nói chuyện với một trong những giám đốc của cơ sở NIF, Edward Moses, về những hy vọng và ước mơ của ông cho dự án này. Đội một chiếc mũ bảo hộ, ông trông giống một công nhân xây dựng hơn là một nhà vật lý hạt nhân hàng đầu phụ trách phòng thí nghiệm laser lớn nhất thế giới. Ông thừa nhận với tôi trong quá khứ đã có nhiều khởi đầu sai lầm. Nhưng ông tin lần này sẽ thành công bởi ông và cả nhóm sắp thu được một thành tựu quan trọng sẽ đi vào sử sách, là người đầu tiên nắm bắt một cách hòa bình sức mạnh của Mặt trời trên Trái đất. Nói chuyện với ông, bạn sẽ nhận ra các dự án như NIF được nuôi sống bằng niềm đam mê và năng lượng của những tín đồ thật sự. Ông mong đợi một ngày có thể mời tổng thống Mỹ đến phòng thí nghiệm này để thông báo rằng lịch sử vừa sang trang.

Nhưng ban đầu, NIF đã có một khởi đầu tồi tệ. (Những điều kỳ lạ hơn đã xảy ra, chẳng hạn như khi phó giám đốc trước đây của NIF, E. Michael Campbell, buộc phải từ chức vào năm 1999 khi bị phát hiện nói dối về việc hoàn thành bằng tiến sĩ tại Princeton.) Sau đó thời gian hoàn thành là năm 2003, không đúng dự kiến. Chi phí phát sinh, từ một tỷ USD đã lên đến bốn tỷ USD. Dự án cuối cùng đã được hoàn thành vào tháng 3 năm 2009, muộn sáu năm.

Người ta nói, cái khó nằm ở tiểu tiết. Ví dụ, trong phản ứng nhiệt hạch bằng laser, 192 chùm laser này phải chạm vào bề mặt của một khối hình trụ nhỏ với độ chính xác cao nhất, để có thể sụp đổ đồng đều. Các chùm tia phải bắn vào mục tiêu nhỏ bé này mỗi 1/30 nghìn

tỷ giây. Sự lệch hướng dù nhỏ nhất của chùm tia laser hoặc không đồng đều của khối hình trụ sẽ làm khối này nóng không đối xứng, khiến nó nổ sang một bên chứ không co theo hình cầu.

Nếu khối hình trụ không đồng đều trong ngưỡng 50 nanomet (khoảng 150 nguyên tử), nó cũng sẽ nổ không đều. (Giống như cố ném một quả bóng chày vào vùng đánh bóng từ khoảng cách 560 km.) Vì vậy, việc căn chỉnh các chùm tia laser và sự đồng đều của khối hình trụ là vấn đề chính đối với phản ứng nhiệt hạch điều khiển bằng laser.

Ngoài NIF, Liên minh châu Âu đang xây dựng phiên bản lò nhiệt hạch bằng laser riêng. Lò phản ứng sẽ được xây dựng tại Cơ sở Nghiên cứu Năng lượng Laser Công suất Cao (HiPER), và nó nhỏ hơn nhưng có lẽ hiệu quả hơn NIF. HiPER bắt đầu được xây dựng vào năm 2011.

Rất nhiều hy vọng được đặt vào NIF. Tuy nhiên, nếu phản ứng nhiệt hạch điều khiển bằng laser không hoạt động như mong đợi, thì có một đề xuất khác, thậm chí còn cao cấp hơn nhằm kiểm soát nhiệt hạch: đặt Mặt trời vào trong chai.

ITER – NHIỆT HẠCH TRONG TỪ TRƯỜNG

Tuy nhiên, một thiết kế khác đang được khai thác ở Pháp. Lò phản ứng thử nghiệm nhiệt hạch quốc tế (ITER) sử dụng từ trường khổng lồ để chứa khí hydro nóng. Thay vì sử dụng laser để ngay lập tức làm bay hơi một khối hình trụ nhỏ chứa vật liệu giàu hydro, ITER sử dụng một từ trường để từ từ nén khí hydro. Chiếc máy này trông rất giống một chiếc bánh donut rỗng khổng lồ làm bằng thép, với những cuộn dây từ bao quanh chiếc donut. Từ trường giữ khí hydro bên trong buồng hình donut không cho thoát ra ngoài. Sau đó, một dòng điện phóng vào khí, làm nó nóng lên. Sự kết hợp của việc nén khí với từ trường và phóng điện khiến cho khí nóng lên đến hàng triệu độ.

Ý tưởng sử dụng "chai từ" để tạo ra phản ứng nhiệt hạch không hề mới mẻ. Trên thực tế, ý tưởng này đã nhen nhóm từ những năm

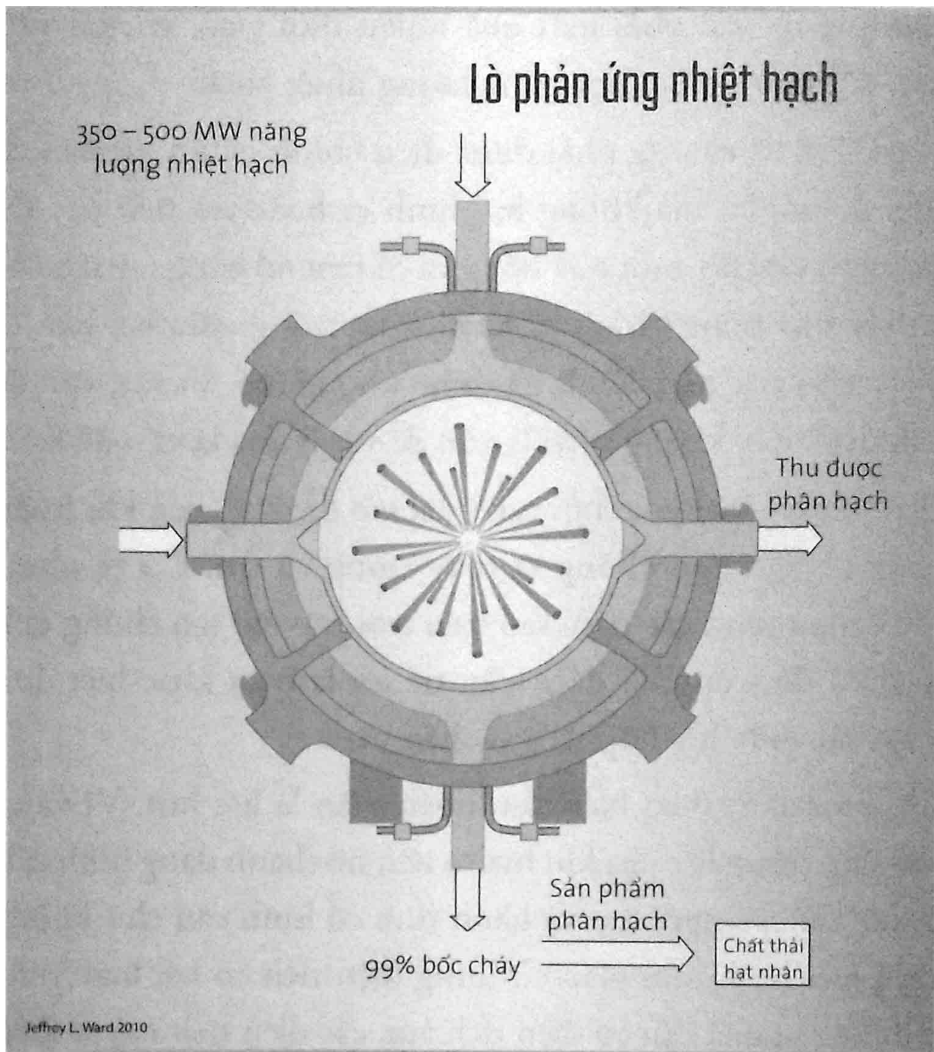
1950. Nhưng tại sao phải mất quá nhiều thời gian, với rất nhiều sự chậm trễ, để thương mại hóa năng lượng nhiệt hạch?

Vấn đề là từ trường phải được điều chỉnh chính xác sao cho khí được nén đồng đều mà không bị phình ra hoặc trở nên bất thường. Hãy nghĩ đến việc lấy một quả bóng và cố nén nó bằng tay sao cho đều. Bạn sẽ thấy quả bóng phình ra từ khoảng trống giữa hai bàn tay của bạn, khiến cho việc nén đều là gần như không thể. Vì vậy, vấn đề là sự bất ổn định và đây không phải là vấn đề vật lý mà là vấn đề kỹ thuật.

Điều này có vẻ kỳ lạ, bởi các ngôi sao dễ dàng nén khí hydro, tạo ra hàng tỷ tỷ ngôi sao chúng ta thấy trong vũ trụ. Có vẻ như, thiên nhiên dễ dàng tạo ra các ngôi sao trên trời, vậy tại sao chúng ta không thể làm điều đó trên Trái đất? Câu trả lời là ở sự khác biệt đơn giản nhưng sâu sắc giữa lực hấp dẫn và điện từ.

Lực hấp dẫn, theo Newton, hoàn toàn là lực hút. Vì vậy, trong một ngôi sao, trọng lực của khí hydro nén nó thành dạng hình cầu. (Đó là lý do tại sao các ngôi sao và hành tinh có hình cầu chứ không phải hình khối hay hình tam giác.) Nhưng điện tích có hai loại: dương và âm. Nếu lấy các quả cầu có điện tích âm, các điện tích này sẽ đẩy nhau và phân tán theo mọi hướng. Nhưng nếu mang một điện tích dương và âm lại gần nhau, bạn sẽ nhận được cái gọi là "lưỡng cực", với một bộ các đường sức điện trường phức tạp giống như một mạng nhện. Tương tự, từ trường tạo thành lưỡng cực; do đó ép khí nóng đồng đều bên trong một buồng hình bánh rán vòng là nhiệm vụ cực kỳ khó khăn. Trên thực tế, phải cần đến một siêu máy tính để vẽ từ trường và điện trường phát ra từ một cấu hình đơn giản của các electron.

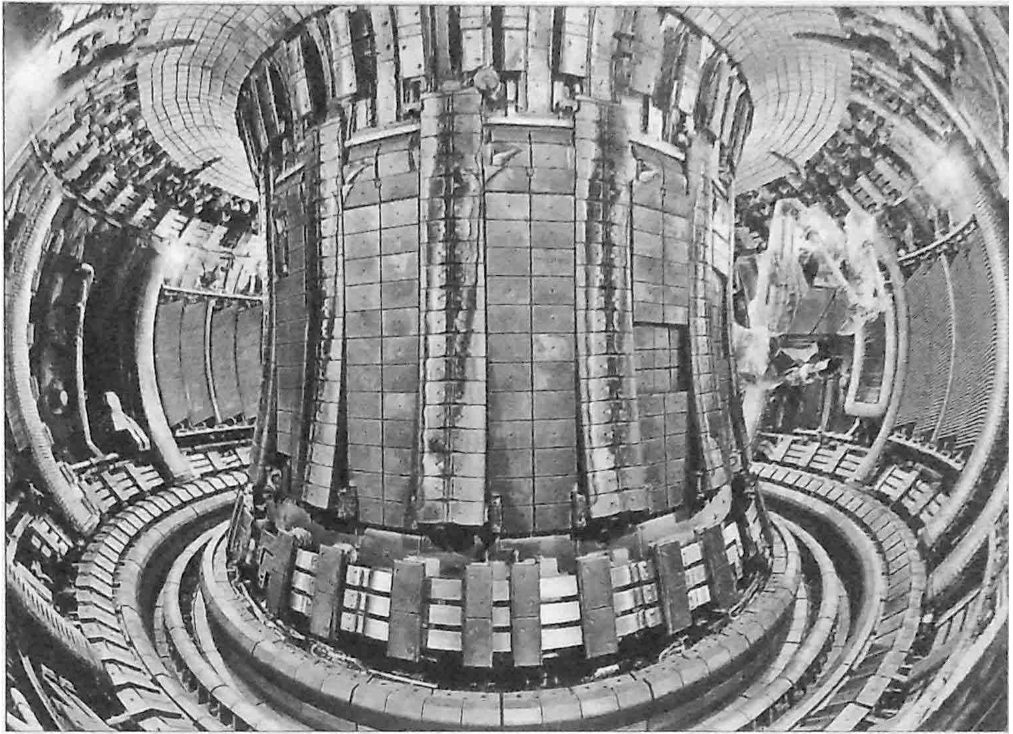
Vấn đề được gói gọn như sau. Lực hấp dẫn là lực hút và có thể nén khí đồng đều thành một hình cầu. Các ngôi sao có thể hình thành dễ dàng. Nhưng điện từ gồm cả lực hút và lực đẩy, vì vậy khí phình ra theo những cách phức tạp khi nén, khiến cho phản ứng nhiệt hạch được kiểm soát cực kỳ khó khăn. Đây là vấn đề cơ bản đeo bám các nhà vật lý trong suốt 50 năm qua.



Các nhà vật lý giờ đây tuyên bố ITER cuối cùng cũng đã giải quyết được vấn đề ổn định khi kìm hãm từ trường.

ITER là một trong những dự án khoa học quốc tế lớn nhất. Trái tim của lò phản ứng bao gồm một buồng kim loại hình donut. Nó sẽ nặng khoảng 23.000 tấn, vượt xa tháp Eiffel, vốn nặng 7.300 tấn.

Các bộ phận quá nặng đến mức đường vận chuyển thiết bị phải được sửa đổi đặc biệt. Một đoàn xe tải lớn sẽ vận chuyển các linh kiện, nặng nhất là 900 tấn và cao nhất là bốn tầng. Tòa nhà ITER sẽ cao 19 tầng trên một khu vực lớn có diện tích tương đương 60 sân bóng đá. Dự kiến chi phí lên đến 10 tỷ euro, được bảy quốc gia thành viên chia sẻ gồm: Liên minh châu Âu, Mỹ, Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản, Hàn Quốc và Nga.



Hai loại phản ứng nhiệt hạch. Ở hình bên trái, laser nén một viên vật liệu giàu hydro. Ở hình phải, từ trường nén khí chứa hydro. Cho đến giữa thế kỷ, thế giới có thể có được năng lượng từ phản ứng nhiệt hạch.

Khi hoạt động, nó sẽ làm nóng khí hydro tới 150 triệu độ C, vượt xa mức 15 triệu độ C ở lõi Mặt trời. Nếu mọi việc suôn sẻ, nó sẽ tạo ra 500 megawatt năng lượng, gấp 10 lần lượng năng lượng ban đầu đi vào lò phản ứng. (Kỷ lục hiện tại về năng lượng nhiệt hạch là 16 megawatt, được tạo ra bởi lò phản ứng JET châu Âu (Joint European Torus) tại Trung tâm Khoa học Culham, Oxfordshire, Vương quốc Anh.) Sau một số chậm trễ, thời điểm hoàn thành dự kiến là năm 2019.

ITER vẫn chỉ là một dự án khoa học. Nó không được thiết kế để sản xuất điện thương mại. Nhưng các nhà vật lý đã đặt nền tảng cho bước tiếp theo, đưa năng lượng nhiệt hạch vào thị trường. Farrokh Najmabadi, đứng đầu một nhóm nghiên cứu tính khả thi thương mại cho các thiết kế nhà máy nhiệt hạch, đã đề xuất ARIES-AT, một máy nhỏ hơn ITER, tạo ra một tỷ watt ở mức khoảng năm cent mỗi kilowatt giờ, cạnh tranh với nhiên liệu hóa thạch. Nhưng ngay cả Najmabadi,

người lạc quan về phản ứng nhiệt hạch, thừa nhận rằng phản ứng nhiệt hạch sẽ không sẵn sàng cho việc thương mại hóa rộng rãi cho đến tương lai trung hạn này.

Một thiết kế thương mại khác là lò phản ứng nhiệt hạch DEMO. Trong khi ITER được thiết kế để sản xuất 500 megawatt trong tối thiểu 500 giây, thì DEMO sẽ được thiết kế để sản xuất năng lượng liên tục. DEMO bổ sung thêm một bước thiếu trong ITER. Khi quá trình nhiệt hạch xảy ra, có thêm một neutron được hình thành, nhanh chóng thoát ra khỏi buồng. Tuy nhiên, có thể bao quanh buồng bằng lớp phủ đặc biệt, được gọi là tấm chăn, được thiết kế đặc biệt để hấp thụ năng lượng của neutron này. Tấm chăn sau đó nóng lên. Các ống dẫn bên trong chăn chứa nước, sau đó đun sôi. Hơi nước này được chuyển đến quay cánh tuabin tạo ra điện.

Nếu mọi việc suôn sẻ, DEMO sẽ hoạt động chính thức vào năm 2033. Nó sẽ lớn hơn 15% so với lò phản ứng ITER. DEMO sẽ sản xuất năng lượng nhiều hơn gấp 25 lần so với năng lượng tiêu thụ. Nhìn chung, DEMO dự kiến sẽ sản xuất hai tỷ watt điện năng, và có thể so sánh với một nhà máy điện thông thường. Nếu nhà máy DEMO thành công, nó có thể dẫn đến thương mại hóa nhanh chóng công nghệ này.

Nhưng nhiều khả năng vẫn tồn tại. Chi phí xây dựng lò phản ứng ITER đã được bảo đảm. Do lò phản ứng DEMO vẫn đang trong giai đoạn lập kế hoạch, sự chậm trễ có thể xảy ra.

Các nhà khoa học nhiệt hạch tin rằng họ cuối cùng đã vượt qua giai đoạn khó khăn. Sau nhiều thập kỷ tuyên bố và thất bại, họ tin rằng phản ứng nhiệt hạch hiện trong tầm tay. Không chỉ một mà hai thiết kế (NIF và ITER) cuối cùng có thể mang điện nhiệt hạch vào phòng khách. Nhưng vì cả NIF lẫn ITER vẫn chưa cung cấp năng lượng nhiệt hạch thương mại, nên vẫn còn chỗ cho những điều bất ngờ, chẳng hạn như nhiệt hạch để bàn và nhiệt hạch bong bóng.

LÒ PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH ĐỂ BÀN

Do chi phí đầu tư quá lớn nên cần ghi nhận khả năng giải quyết vấn đề từ một hướng hoàn toàn khác. Do nhiệt hạch là một quá trình đã được định nghĩa rõ ràng, một số đề tài đã được đề xuất nằm ngoài quỹ tài trợ quy mô lớn thông thường, những đề tài này có một số giá trị. Đặc biệt, một số đề tài ngày càng tiệm cận quá trình nhiệt hạch để bàn.

Trong cảnh cuối phim *Back to the Future* (Trở lại tương lai), Tiến sĩ Brown, nhà khoa học điên rồ, đang nhoài người để lấy nhiên liệu cho cỗ máy thời gian DeLorean. Thay vì đổ xăng, anh ta tìm kiếm vỏ chuối và rác trong thùng rác rồi thảy vào một hộp nhỏ gọi là Mr. Fusion.

Trong vòng 100 năm, liệu có thiết kế đột phá nào giúp giảm kích thước các lò phản ứng từ sân bóng đá xuống kích thước của một máy pha cà phê, như trong phim này?

Một khả năng lớn cho phản ứng nhiệt hạch quy mô nhỏ xuất hiện ở hiện tượng phát quang do siêu âm (sonoluminescence), lợi dụng sự vỡ đột ngột của bong bóng để giải phóng nhiệt độ. Đôi khi nó được gọi là phản ứng nhiệt hạch siêu âm hoặc phản ứng nhiệt hạch bong bóng. Hiệu ứng kỳ lạ này đã được biết đến trong nhiều thập kỷ, từ những năm 1934, khi các nhà khoa học tại Đại học Cologne thử nghiệm siêu âm và phim ảnh, hy vọng đẩy nhanh quá trình tráng rửa phim. Họ thấy những chấm nhỏ trên phim, do những tia sáng tạo ra bởi bong bóng sinh ra trong chất lỏng. Sau đó, Đức Quốc xã nhận thấy bong bóng phát ra từ chân vịt tàu thuyền thường phát sáng, cho thấy nhiệt độ cao bằng cách nào đó đã phát sinh trong các bong bóng.

Sau đó, người ta đã chứng minh được những bong bóng này sáng rực rỡ bởi chúng vỡ đều, do đó nén không khí trong bong bóng đến nhiệt độ rất cao. Phản ứng nhiệt hạch nóng, như đã thấy trước đó, gặp trở ngại do hydro nén không đều, hoặc bởi các chùm tia laser chiếu lên các viên nhiên liệu bị lệch hướng hay khí bị nén không đều. Khi bong bóng co lại, chuyển động của các phân tử nhanh đến mức áp suất

không khí bên trong bong bóng trở nên đồng đều ở thành bong bóng. Về nguyên tắc, nếu có thể làm sụp đổ một bong bóng trong điều kiện hoàn hảo như vậy, ta có thể thu được quá trình nhiệt hạch.

Thí nghiệm phát quang bằng siêu âm đã tạo ra được nhiệt độ lên đến hàng chục nghìn độ. Sử dụng các loại khí trơ, ta có thể tăng cường độ ánh sáng phát ra từ những bong bóng này. Nhưng có một số tranh cãi về việc liệu nó có thể đạt được nhiệt độ đủ nóng để tạo ra phản ứng nhiệt hạch hay không. Cuộc tranh cãi bắt nguồn từ công trình của Rusi Taleyarkhan, trước đây thuộc Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge, người tuyên bố vào năm 2002 đã có thể đạt được nhiệt hạch với thiết bị nhiệt hạch siêu âm của mình. Ông tuyên bố đã phát hiện neutron từ thí nghiệm của mình, một dấu hiệu chắc chắn rằng quá trình nhiệt hạch hạt nhân đang diễn ra. Tuy nhiên, sau nhiều năm các nhà nghiên cứu khác đã thất bại trong việc lặp lại thí nghiệm đó nên đến nay, kết quả này đã bị bác bỏ.

Ngoài ra, còn một mô hình khác là máy nhiệt hạch của Philo Farnsworth, một nhà đồng phát minh ti vi không được thừa nhận. Khi còn là một đứa trẻ, Farnsworth đã có ý tưởng về ti vi khi nghĩ về chuyện người nông dân cày ruộng theo từng luống. Ông thậm chí còn phác thảo chi tiết mẫu thử nghiệm ở tuổi mười bốn. Ông là người đầu tiên chuyển ý tưởng này thành một thiết bị điện tử có khả năng phát hình chuyển động trên màn hình. Thật không may, ông đã không thể tận dụng sáng chế mang tính bước ngoặt của mình và bị sa lầy trong những cuộc chiến bằng sáng chế lộn xộn kéo dài với RCA. Trận chiến pháp lý thậm chí khiến ông phát điên, và ông tự nguyện vào trại tâm thần. Công trình tiên phong của ông về ti vi không được chú ý.

Sau đó, ông chuyển mối quan tâm sang fusor, một thiết bị để bàn nhỏ có thể tạo ra neutron thông qua phản ứng nhiệt hạch. Nó bao gồm hai quả cầu lớn, lồng vào nhau, mỗi quả cầu được làm bằng một lưới thép. Lưới ngoài tích điện dương, trong khi lưới bên trong tích điện âm, nên các proton bắn vào lưới này sẽ bị đẩy khỏi lưới ngoài và bị hút

vào lưới trong. Các proton sau đó đập vào một viên vật liệu giàu hydro ở giữa, tạo ra phản ứng nhiệt hạch và một chùm neutron.

Thiết kế đơn giản đến mức ngay cả học sinh trung học cũng có thể làm được những gì Richter, Pons và Fleischmann không thể làm được: tạo ra neutron. Tuy nhiên, thiết bị này khó có thể mang lại năng lượng khả dụng. Số lượng proton được tăng tốc cực kỳ nhỏ, và do đó năng lượng sinh ra từ thiết bị này rất nhỏ.

Trên thực tế, phản ứng nhiệt hạch cũng có thể tạo ra trên mặt bàn bằng cách sử dụng một máy gia tốc hạt. Máy gia tốc hạt phức tạp hơn một fusor, nhưng nó cũng có thể được sử dụng để tăng tốc proton bắn phá vào một mục tiêu giàu hydro và tạo ra phản ứng nhiệt hạch. Nhưng một lần nữa, số proton được hợp nhất lại quá nhỏ đến nỗi khiến thiết bị trở nên phi thực tế. Vì vậy, cả fusor và máy gia tốc hạt đều có thể tạo ra phản ứng nhiệt hạch, nhưng chúng không hiệu quả và các chùm năng lượng quá mỏng để sản sinh năng lượng thích hợp.

Với sự đầu tư khổng lồ, không nghi ngờ gì các nhà khoa học và các kỹ sư đáng khâm phục khác sẽ có cơ hội biến những rào cản ban đầu thành những phát minh vĩ đại trong tương lai.

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

KỶ NGUYÊN TỪ TÍNH

Thế kỷ trước là kỷ nguyên của điện. Do thao tác trên các electron rất dễ dàng, điều này đã mở ra các công nghệ hoàn toàn mới, có thể tạo ra đài phát thanh, ti vi, máy tính, laser, máy quét cộng hưởng từ... Nhưng trong thế kỷ này, các nhà vật lý sẽ tìm thấy mục tiêu tối thượng của mình: siêu dẫn ở nhiệt độ thường. Điều này sẽ mở ra một kỷ nguyên hoàn toàn mới, kỷ nguyên của từ tính.

Hãy tưởng tượng đi trên một chiếc xe hơi từ, lơ lửng trên mặt đất và lướt đi với tốc độ vài trăm kilômét một giờ, hầu như không cần sử

dụng nhiên liệu. Hãy tưởng tượng xe lửa và thậm chí cả con người di chuyển trong không khí, trôi nổi trên từ trường.

Chúng ta quên rằng hầu hết xăng trong xe ô tô được dùng để thắng lực ma sát. Về nguyên tắc, đi từ San Francisco đến thành phố New York hầu như không mất năng lượng. Lý do chính khiến chuyến đi này tiêu tốn hàng trăm đô la xăng là vì bạn phải cần thắng ma sát của bánh xe trên đường và sự ma sát của không khí. Nhưng nếu có thể phủ băng suốt dọc đường từ San Francisco đến New York, bạn chỉ cần lướt đi trên hầu hết quãng đường mà gần như miễn phí. Tương tự như vậy, vệ tinh không gian của chúng ta có thể bay ra ngoài phạm vi Sao Diêm Vương chỉ với một vài lít nhiên liệu vì chúng bay trong chân không của không gian. Một chiếc xe từ cũng sẽ trôi nổi trong không trung; bạn chỉ cần thổi vào xe, và nó bắt đầu di chuyển.

Chìa khóa cho công nghệ này là chất siêu dẫn. Từ năm 1911 người ta đã biết rằng thủy ngân, khi làm lạnh đến 4K (Kelvin) trên không tuyệt đối, không còn điện trở. Có nghĩa các dây siêu dẫn không bị mất năng lượng nào vì chúng không có điện trở. (Điều này là do các electron khi di chuyển qua một sợi dây sẽ bị mất năng lượng khi chúng va chạm với các nguyên tử. Nhưng ở nhiệt độ gần bằng không tuyệt đối, các nguyên tử này hầu như ở trạng thái nghỉ, vì vậy các electron có thể dễ dàng lọt qua chúng mà không mất năng lượng.)

Những chất siêu dẫn này có đặc tính kỳ lạ nhưng kỳ diệu, nhưng một nhược điểm nghiêm trọng là bạn phải làm lạnh chúng đến nhiệt độ gần bằng không tuyệt đối với hydro lỏng, rất đắt.

Do đó, các nhà vật lý đã bị sốc vào năm 1986 khi được thông báo đã tìm ra một lớp chất siêu dẫn mới không cần phải làm lạnh đến nhiệt độ thấp tuyệt đối này. Không giống như các vật liệu trước như thủy ngân hoặc chì, các chất siêu dẫn này là gốm sứ, trước đây được cho là ứng viên không thích hợp cho chất siêu dẫn và trở thành chất siêu dẫn ở 92 K. Thật không ngờ, chúng trở thành chất siêu dẫn ở nhiệt độ được cho là không thể về mặt lý thuyết.

Cho đến nay, kỷ lục thế giới về các chất siêu dẫn gốm mới này là 138K trên không tuyệt đối (hoặc -140°C). Điều này rất quan trọng, vì nitơ lỏng (có giá rẻ như sữa) tạo thành ở 77K (-196°C) và do đó có thể được sử dụng để làm lạnh những chất gốm này. Chỉ điều này đã cắt giảm đáng kể chi phí của chất siêu dẫn. Vì vậy, các chất siêu dẫn nhiệt độ cao này có các ứng dụng thực tế ngay lập tức.

Nhưng những chất siêu dẫn bằng gốm này mới chỉ là khao khát của các nhà vật lý. Đây là bước tiến khổng lồ đúng hướng, nhưng chưa đủ. Đầu tiên, mặc dù nitơ lỏng khá rẻ, nhưng vẫn phải có một số thiết bị để làm lạnh nitơ. Thứ hai, những loại gốm này khó đúc thành dây. Thứ ba, các nhà vật lý vẫn còn hoang mang bởi bản chất của những đồ gốm này. Sau nhiều thập kỷ, các nhà vật lý vẫn không hoàn toàn chắc chắn nguyên lý hoạt động của nó. Tính chất lượng tử của những loại gốm này quá phức tạp để giải quyết tại thời điểm hiện tại, vì vậy không ai biết tại sao chúng trở thành chất siêu dẫn. Các nhà vật lý hoàn toàn không biết gì. Một giải thưởng Nobel đang chờ đợi một cá nhân có thể lý giải tính chất của những chất siêu dẫn nhiệt độ cao này.

Nhưng tất cả nhà vật lý đều hiểu tác động to lớn mà chất siêu dẫn nhiệt độ phòng sẽ mang lại. Nó có thể mở ra một cuộc cách mạng công nghiệp mới. Các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng sẽ không yêu cầu bất kỳ thiết bị làm lạnh nào, vì vậy chúng có thể tạo ra từ trường vĩnh cửu có công suất rất lớn.

Ví dụ, nếu dòng điện chạy bên trong một vòng đồng, năng lượng điện sẽ tiêu tan trong tích tắc do điện trở của dây. Tuy nhiên, các thí nghiệm đã chỉ ra dòng điện trong vòng siêu dẫn có thể không đổi suốt nhiều năm. Các bằng chứng thực nghiệm cho thấy dòng điện chạy trong một cuộn dây siêu dẫn có thể duy trì đến 100.000 năm. Một số lý thuyết cho rằng giới hạn tối đa cho một dòng điện như vậy trong chất siêu dẫn bằng với tuổi thọ vũ trụ.

Ít nhất, các chất siêu dẫn như vậy có thể giảm suy hao trong các loại cáp điện cao áp, giúp giảm chi phí điện. Một trong những lý do

nhà máy điện phải ở gần thành phố là do tổn thất trong đường dây truyền tải. Đó là lý do các nhà máy điện hạt nhân ở rất gần các thành phố, gây nguy hiểm cho sức khỏe và tại sao các nhà máy điện gió không thể ở những khu vực có gió lớn nhất.

Có tới 30% điện bị lãng phí trong quá trình truyền tải. Dây dẫn siêu dẫn nhiệt độ phòng có thể thay đổi tất cả những điều này, giảm đáng kể chi phí điện và ô nhiễm. Điều này cũng có thể có tác động sâu sắc đến sự nóng lên toàn cầu. Vì sản lượng cacbonic của thế giới liên kết chặt chẽ với nhu cầu năng lượng, và vì phần lớn năng lượng đó bị lãng phí để vượt qua ma sát, kỷ nguyên từ tính có thể làm giảm vĩnh viễn tiêu thụ năng lượng và sản lượng cacbonic.

XE Ô TÔ VÀ TÀU HỎA TỪ

Không cần thêm năng lượng đầu vào, chất siêu dẫn nhiệt độ phòng có thể tạo ra siêu nam châm có khả năng nâng xe lửa và xe ô tô lướt trên mặt đất.

Thí nghiệm đơn giản về sức mạnh này có thể được thực hiện trong bất kỳ phòng thí nghiệm nào. Tôi đã thực hiện nhiều lần cho BBC-TV và Science Channel. Một mảnh nhỏ vật chất gốm siêu dẫn nhiệt độ cao có thể mua từ một công ty cung cấp thiết bị khoa học. Đó là một loại gốm màu xám cứng, có kích cỡ khoảng 2,5 cm. Sau đó, bạn có thể mua nitơ lỏng từ một công ty vật tư sữa. Bạn đặt gốm vào một đĩa nhựa và nhẹ nhàng đổ nitơ lỏng lên đó. Nitơ bắt đầu sôi mạnh khi chạm vào gốm. Chờ cho đến khi nitơ ngừng sôi, sau đó đặt một nam châm nhỏ lên trên gốm. Nam châm sẽ lơ lửng trong không trung. Nếu chạm vào nam châm, nó sẽ tự quay. Trong chiếc đĩa nhỏ bé đó, bạn có thể đang nhìn chằm chằm vào tương lai của giao thông trên toàn thế giới.

Lý do nam châm lơ lửng rất đơn giản. Các đường sức từ không thể xuyên qua chất siêu dẫn. Đây là hiệu ứng Meissner. (Khi một từ trường tác động lên chất siêu dẫn, một dòng điện nhỏ sẽ hình thành

trên bề mặt và hủy nó, loại bỏ từ trường khỏi chất siêu dẫn.) Khi bạn đặt nam châm lên trên bề mặt gốm, đường sức từ của nó sẽ bó lại vì không thể đi xuyên qua gốm. Điều này tạo ra một "đệm" các đường sức từ, tất cả đều được ép lại với nhau, do đó đẩy nam châm khỏi tấm gốm, làm cho nó lơ lửng.

Các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng cũng có thể mở ra một kỷ nguyên của siêu nam châm. Như đã thấy, máy quét cộng hưởng từ cực kỳ hữu ích nhưng cần từ trường lớn. Các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng sẽ cho phép các nhà khoa học tạo ra từ trường khổng lồ với giá rẻ. Điều này sẽ cho phép thu nhỏ các máy cộng hưởng từ trong tương lai. Sử dụng từ trường không đồng đều, có thể tạo ra máy cộng hưởng từ với chiều cao khoảng 30 cm. Với các chất siêu dẫn ở nhiệt độ phòng, có thể giảm kích thước xuống bằng kích thước của một nút bấm.

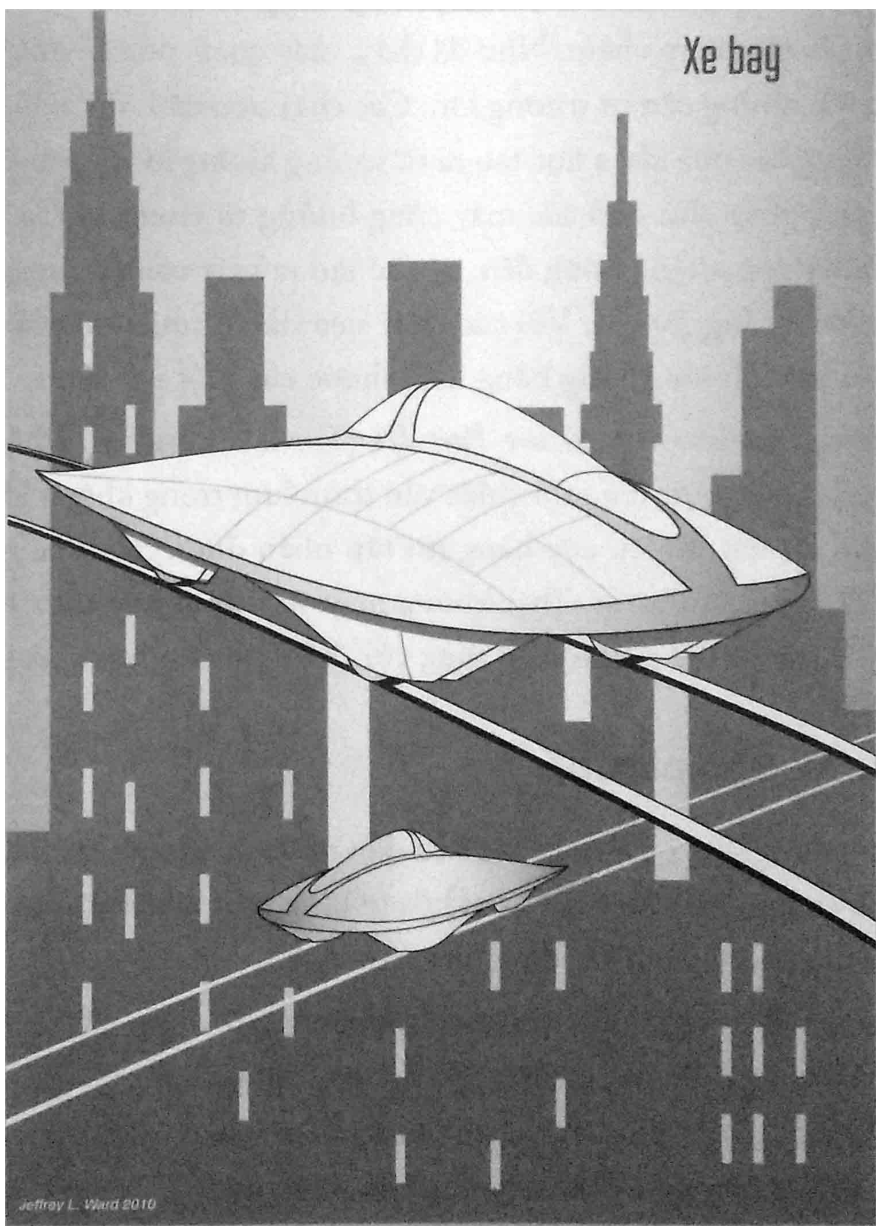
Trong *Back to the Future Part III* (Trở lại tương lai, Phần III), Michael J. Fox trượt trên một chiếc ván trượt lướt trong không khí. Sau khi phim ra mắt, nhiều cửa hàng tới tấp nhận được các cuộc gọi của trẻ em đòi mua ván trượt. Thật không may, ván trượt này chưa tồn tại, nhưng chúng có thể thành hiện thực với chất siêu dẫn nhiệt độ phòng.

TÀU VÀ XE Ô TÔ ĐỆM TỪ

Một ứng dụng đơn giản của chất siêu dẫn nhiệt độ phòng là cách mạng hóa giao thông, giúp xe hơi và tàu hỏa lơ lửng trên mặt đất và do đó di chuyển mà không chịu tác động ma sát.

Hãy tưởng tượng đi trong một chiếc xe sử dụng chất siêu dẫn nhiệt độ phòng. Các con đường sẽ được làm bằng chất siêu dẫn thay vì nhựa đường. Chiếc xe sẽ chứa một nam châm vĩnh cửu hoặc tạo ra từ trường thông qua một chất siêu dẫn của riêng nó. Chiếc xe sẽ lơ lửng. Ngay cả khí nén cũng đủ để làm cho xe dịch chuyển. Khi đã chuyển động, nó sẽ bay gần như mãi mãi nếu con đường bằng phẳng. Một động cơ điện hoặc máy nén khí sẽ chỉ cần thiết để vượt qua ma sát không khí, đó sẽ là lực cản duy nhất mà chiếc xe đối mặt.

Ngay cả khi không có chất siêu dẫn nhiệt độ phòng, một số quốc gia đã sản xuất các loại tàu đệm từ (maglev) di chuyển trên một tập hợp các thanh ray chứa nam châm. Vì cực bắc của nam châm đẩy lui các cực bắc khác, các nam châm được bố trí sao cho đáy của tàu chứa nam châm cho phép chúng trôi nổi ngay phía trên đường ray.



Các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng có thể một ngày cho chúng ta những chiếc ô tô và tàu hỏa bay. Chúng có thể nổi trên đường ray hoặc trên vỉa hè siêu dẫn, không ma sát.

Đức, Nhật Bản và Trung Quốc là những nước đi đầu trong công nghệ này. Tàu đệm từ thậm chí còn lập một số kỷ lục thế giới. Đoàn tàu đệm từ thương mại đầu tiên là tàu đơn tuyến tốc độ thấp chạy giữa sân bay quốc tế Birmingham và Ga quốc tế Birmingham vào năm 1984. Tốc độ tàu đệm từ cao nhất là 581 km/h của tàu MLX01 năm 2003 tại Nhật Bản. (Máy bay phản lực có thể bay nhanh hơn, một phần vì sức cản không khí ít hơn ở trên cao. Do tàu đệm từ lơ lửng trong không khí nên phần lớn năng lượng tiêu thụ để thắng lực ma sát không khí, nhưng nếu tàu đệm từ chạy trong buồng chân không thì có thể đi với tốc độ 6.400 km/h.) Thật không may, giá của tàu đệm từ đã ngăn nó trở nên phổ biến trên toàn thế giới. Các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng có thể thay đổi tất cả. Điều này cũng có thể làm hồi sinh hệ thống đường sắt ở Mỹ, giảm khí thải nhà kính từ máy bay. Người ta ước tính 2% khí nhà kính đến từ động cơ phản lực, vì vậy các đoàn tàu đệm từ sẽ góp phần giảm con số đó.

NĂNG LƯỢNG TỪ BẦU TRỜI

Đến cuối thế kỷ này, một khả năng khác mở ra cho ngành sản xuất năng lượng: năng lượng từ không gian. Đây được gọi là năng lượng mặt trời không gian (SSP) và liên quan đến việc gửi hàng trăm vệ tinh không gian vào quỹ đạo quanh Trái đất, hấp thụ bức xạ mặt trời, rồi chiếu năng lượng này xuống Trái đất dưới dạng bức xạ vi sóng. Các vệ tinh sẽ cách Trái đất 35.400 km, nơi quỹ đạo của chúng trở thành địa tĩnh, xoay quanh Trái đất với cùng tốc độ quay của Trái đất. Do ánh sáng mặt trời trong không gian nhiều hơn trên bề mặt Trái đất tám lần, điều này là một khả năng thực tế.

Hiện tại, trở ngại chính đối với SSP là chi phí, chủ yếu là việc phóng các máy thu không gian này. Các định luật vật lý không hề cản trở việc thu năng lượng trực tiếp từ Mặt trời, nhưng đây là một vấn đề lớn liên quan đến kỹ thuật và kinh tế. Nhưng vào cuối thế kỷ này, những cách thức mới để giảm chi phí đi lại không gian có thể

đặt những vệ tinh không gian này trong tầm tay, như chúng ta sẽ thấy trong Chương 6.

Đề án nghiêm túc đầu tiên về năng lượng mặt trời dựa trên không gian được công bố vào năm 1968, khi Peter Glaser, chủ tịch của Hiệp hội Năng lượng Mặt trời Quốc tế, đề xuất gửi các vệ tinh có kích thước của một thành phố hiện đại để chiếu năng lượng xuống Trái đất. Năm 1979, các nhà khoa học NASA đã xem xét kỹ đề xuất của ông và ước tính chi phí sẽ là vài trăm tỷ đô la, khiến dự án này bị dập tắt.

Nhưng do những cải tiến liên tục trong công nghệ vũ trụ, NASA tiếp tục tài trợ cho các nghiên cứu SSP trên quy mô nhỏ từ năm 1995 đến năm 2003. Những người ủng hộ cho rằng sớm muộn gì công nghệ, kinh tế cũng phát triển và biến SSP thành hiện thực. "SSP cung cấp một nguồn điện thực sự bền vững, quy mô toàn cầu và không có khí thải." Martin Hoffert, nhà vật lý từng làm việc tại Đại học New York cho biết.

Một dự án đầy tham vọng như thế, dù có thực tế hay tưởng tượng cũng phải đối mặt với nhiều vấn đề ghê gớm. Một số người lo sợ dự án này bởi năng lượng chiếu rọi xuống từ không gian có thể vô tình tấn công một khu vực đông dân cư, gây thương vong lớn. Tuy nhiên, nỗi sợ hãi này chỉ là phóng đại. Nếu tính bức xạ thực sự chiếu xuống Trái đất từ không gian, nó quá nhỏ để gây ra bất kỳ mối nguy hiểm nào cho sức khỏe. Vì vậy, nỗi lo sợ về việc vệ tinh không gian gửi tia tử thần xuống Trái đất để thiêu rụi toàn bộ thành phố chỉ là cơn ác mộng trong phim Hollywood.

Nhà văn khoa học viễn tưởng Ben Bova, viết trên tờ *Washington Post* năm 2009, đã nêu ra những vấn đề kinh tế khó khăn của một vệ tinh năng lượng mặt trời. Ông ước tính mỗi vệ tinh sẽ tạo ra 5 đến 10 gigawatt điện, nhiều hơn một nhà máy đốt than thông thường, và có giá khoảng 8 đến 10 cent cho mỗi kilowatt-giờ, nên nó có khả năng cạnh tranh. Mỗi vệ tinh sẽ rất lớn, rộng khoảng 1,6 km, và chi phí khoảng một tỷ đô la, gần bằng chi phí của một nhà máy hạt nhân.

Để khởi động công nghệ này, ông yêu cầu chính quyền hiện tại tạo ra một dự án thử nghiệm, phóng vệ tinh có thể tạo ra 10 đến 100 megawatt. Theo giả thuyết, nó có thể được phóng vào cuối nhiệm kỳ thứ hai của Tổng thống Obama nếu kế hoạch bắt đầu ngay bây giờ.

Đáp lại những bình luận này, chính phủ Nhật Bản đã công bố một dự án chính. Trong năm 2009, Bộ Thương mại Nhật Bản đã công bố kế hoạch xem xét tính khả thi của một hệ thống vệ tinh phát năng lượng không gian. Mitsubishi Electric và các công ty Nhật Bản khác sẽ tham gia một chương trình trị giá 10 tỷ đô la để phóng một nhà máy điện mặt trời vào không gian có khả năng sản xuất một tỷ watt điện. Nhà máy này sẽ rất lớn, khoảng 400 ha trong khu vực, phủ đầy pin năng lượng mặt trời.

Kensuke Kanekiyo thuộc Viện Kinh tế Năng lượng, một tổ chức nghiên cứu của chính phủ cho biết: "Nghe có vẻ giống như một bộ phim hoạt hình khoa học viễn tưởng, nhưng phát điện năng lượng mặt trời từ không gian có thể là nguồn năng lượng thay thế đáng kể trong thế kỷ tới khi năng lượng than cạn kiệt."

Với tầm quan trọng của dự án đầy tham vọng này, chính phủ Nhật Bản khá thận trọng. Một nhóm nghiên cứu đầu tiên sẽ dành bốn năm nghiên cứu tính khả thi về mặt khoa học và kinh tế của dự án. Nếu nhóm này bật đèn xanh, Bộ Thương mại Nhật Bản và Cơ quan Thám hiểm Vũ trụ Nhật Bản dự định phóng một vệ tinh nhỏ vào năm 2015 để kiểm tra khả năng truyền năng lượng từ ngoài vũ trụ.

Trở ngại lớn có lẽ sẽ không phải đến từ khoa học mà là kinh tế. Hiroshi Yoshida của Excalibur KK, một công ty tư vấn không gian ở Tokyo, cảnh báo: "Các khoản chi phí cần phải được giảm xuống 1% của dự toán hiện hành." Vệ tinh phải đặt cách Trái đất 35.400 km trong không gian, xa hơn nhiều so với các vệ tinh ở quỹ đạo gần Trái đất 480 km, vì vậy thất thoát trên đường truyền có thể là rất lớn.

Nhưng vấn đề chính là chi phí của tên lửa đẩy. Đây là nút cổ chai từng cản trở kế hoạch quay trở lại Mặt trăng và khám phá Sao Hỏa.

Trừ khi chi phí phóng tên lửa giảm đáng kể, kế hoạch này sẽ chết trong yên lặng.

Kế hoạch của Nhật Bản có vẻ lạc quan hơn, sẽ được tiến hành trước tương lai trung hạn. Tuy nhiên, do những vấn đề với tên lửa đẩy, nhiều khả năng kế hoạch sẽ phải chờ đến cuối thế kỷ, khi các thế hệ tên lửa mới giúp giảm chi phí. Nếu vấn đề chính với vệ tinh mặt trời là chi phí, thì câu hỏi tiếp theo là: Liệu có thể giảm chi phí đi lại trong không gian để ngày nào đó chúng ta có thể tiếp cận được các vì sao?

Chúng ta đã ngần ngừ bên bờ đại dương vũ trụ đủ lâu. Cuối cùng chúng ta đã sẵn sàng căng buồm tiến đến các vì sao.

—CARL SAGAN

6 TƯƠNG LAI CỦA DU HÀNH VŨ TRỤ *Đến các vì sao*

Trên những cỗ xe ngựa đầy uy lực, các vị thần Hy Lạp lang thang khắp các cánh đồng trên đỉnh Olympus. Trên những con tàu Viking hùng mạnh, các vị thần Bắc Âu băng qua vùng biển vũ trụ mênh mông để tới Asgard.

Tương tự như vậy, cho tới năm 2100, nhân loại sẽ tiến đến một kỷ nguyên mới trong thăm dò vũ trụ: vươn tới các vì sao. Các ngôi sao vào ban đêm, trông có vẻ rất gần như trêu ngươi, sẽ là mục tiêu rõ ràng của các nhà khoa học tên lửa cho đến cuối thế kỷ này.

Nhưng con đường xây dựng tàu vũ trụ liên sao sẽ gồ ghề và đầy gian khó. Nhân loại giống như một người dẫu dang rộng cánh tay vươn tới các vì sao nhưng đôi chân lại sa xuống bùn lầy. Một mặt, thế kỷ này sẽ chứng kiến một kỷ nguyên khám phá vũ trụ không người lái khi chúng ta gửi đi các vệ tinh để xác định vị trí hành tinh giống Trái đất trong không gian, khám phá các vệ tinh của Sao Mộc, thậm chí chụp ảnh vụ nổ Big Bang từ khi nó vừa xảy ra. Tuy nhiên, công cuộc thám hiểm có người lái ngoài không gian, vốn đã lôi cuốn nhiều thế hệ mộng mơ và những người nhìn xa trông rộng, sẽ là một điều gây thất vọng.

TƯƠNG LAI GẦN (HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

CÁC HÀNH TINH NGOÀI HỆ MẶT TRỜI

Một trong những thành tựu tuyệt vời nhất của chương trình không gian là khám phá vũ trụ không người lái, việc này đã góp phần mở rộng hơn rất nhiều phạm vi hiểu biết của nhân loại.

Nhiệm vụ không người lái quan trọng nhất là tìm kiếm các hành tinh giống như Trái đất ngoài không gian có thể mang sự sống, đó chính là mục tiêu của khoa học vũ trụ. Cho đến nay, các kính viễn vọng trên mặt đất đã xác định được khoảng 500 hành tinh quay quanh các hệ sao ở xa, và cứ sau một đến hai tuần lại có một hành tinh mới được phát hiện. Tuy nhiên, điều gây thất vọng lớn là các công cụ của chúng ta chỉ có thể xác định các hành tinh khổng lồ, cỡ như Sao Mộc, các hành tình này đều không thể duy trì sự sống như chúng ta đã biết.

Để tìm các hành tinh, các nhà thiên văn tìm kiếm những dao động nhỏ trên đường đi của một ngôi sao. Những hệ mặt trời ngoài không gian này giống như một chiếc tạ tay quay tròn, với hai quả tạ xoay quanh nhau; một đầu đại diện cho ngôi sao, có thể nhìn thấy rõ bằng kính viễn vọng, còn đầu kia đại diện cho một hành tinh có kích thước Sao Mộc, mờ hơn khoảng một tỷ lần. Khi mặt trời này và hành tinh có kích thước Sao Mộc quay xung quanh tâm của quả tạ, kính viễn vọng có thể thấy rõ ngôi sao đang lắc lư. Phương pháp này đã xác định thành công hàng trăm hành tinh khí khổng lồ trong không gian, nhưng nó quá thô để phát hiện sự hiện diện của các hành tinh nhỏ, giống như Trái đất.

Hành tinh nhỏ nhất được các kính viễn vọng trên mặt đất tìm thấy vào năm 2010 và lớn gấp ba đến bốn lần so với Trái đất. Đặc biệt, "siêu Trái đất" này là hành tinh đầu tiên nằm trong vùng sống được của Hệ mặt trời – tức là, ở khoảng cách thích hợp để có nước ở trạng thái lỏng.

Tất cả điều này đã thay đổi với sự ra đời của kính viễn vọng Kepler Mission năm 2009 và vệ tinh COROT năm 2006. Các vệ tinh do thám không gian này tìm kiếm những ánh sao nhấp nhánh khi một hành tinh nhỏ di chuyển trước ngôi sao của nó, chặn một lượng ánh sáng rất nhỏ phát ra từ các ngôi sao này. Bằng cách quét kỹ hàng ngàn ngôi sao để tìm kiếm những biến động nhỏ này, các tàu do thám không gian có thể phát hiện hàng trăm hành tinh giống như Trái đất. Sau đó, các hành tinh này được nhanh chóng phân tích để xem có chứa nước ở trạng thái lỏng hay không, vốn có lẽ là tài sản quý giá nhất trong vũ trụ. Nước lỏng là dung môi phổ biến, là bát trộn sản xuất ADN đầu tiên. Nếu các đại dương nước lỏng được tìm thấy trên các hành tinh này, nó có thể thay đổi sự hiểu biết của chúng ta về sự sống trong vũ trụ.

Các nhà báo đi lùng một vụ bê bối thường nói rằng "lần theo dòng tiền", nhưng các nhà thiên văn học đang tìm kiếm sự sống trong không gian lại nói "lần theo dòng nước".

Vệ tinh Kepler rồi sẽ được thay thế bằng các vệ tinh khác nhạy hơn, chẳng hạn như Công cụ Tìm kiếm Hành tinh giống Trái đất. Mặc dù ngày ra mắt bị trì hoãn nhiều lần, nhưng đây vẫn là ứng cử viên sáng giá để tiếp tục các mục tiêu của Kepler.

Công cụ Tìm kiếm Hành tinh giống Trái đất sẽ sử dụng quang học tốt hơn nhiều để tìm kiếm hành tinh song sinh giống Trái đất trong vũ trụ. Đầu tiên, thiết bị này có gương lớn hơn bốn lần và nhạy hơn 100 lần so với Kính viễn vọng không gian Hubble. Thứ hai, nó sẽ được trang bị các cảm biến hồng ngoại có khả năng giảm bức xạ cường độ cao phát ra từ một ngôi sao xuống hàng triệu lần, qua đó phát hiện sự hiện diện của hành tinh mờ có thể quay quanh ngôi sao đó. (Điều này được thực hiện bằng cách lấy hai sóng bức xạ từ ngôi sao và sau đó cẩn thận kết hợp hai sóng này để chúng triệt tiêu lẫn nhau, qua đó loại bỏ sự hiện diện không mong muốn của ngôi sao.)

Vì vậy, trong tương lai gần, chúng ta sẽ có một bách khoa toàn thư của hàng ngàn hành tinh, trong đó có lẽ vài trăm hành tinh sẽ rất

giống với Trái đất về kích thước và thành phần. Điều này sẽ góp phần tạo ra nhiều mối quan tâm hơn trong việc gửi tàu thăm dò đến các hành tinh xa xôi. Sẽ cần một nỗ lực mãnh liệt để xem liệu những hành tinh giống Trái đất này có đại dương nước lỏng và bất kỳ tín hiệu sóng radio nào phát ra từ các dạng sống thông minh hay không.

EUROPA – BÊN NGOÀI VÙNG GOLDILOCKS[1]

Ngoài ra các đầu dò còn có một mục tiêu hấp dẫn khác trong hệ mặt trời: Europa. Trong nhiều thập kỷ, người ta tin rằng sự sống trong Hệ mặt trời chỉ có thể tồn tại ở "vùng Goldilocks" quanh Mặt trời, nơi các hành tinh không quá nóng hoặc quá lạnh. Trái đất được ban phước lành với nước ở trạng thái lỏng do quay quanh Mặt trời ở một khoảng cách hợp lý. Nước ở trạng thái lỏng sẽ sôi trên một hành tinh như Sao Thủy, do quá gần Mặt trời, và đóng băng trên hành tinh như Sao Mộc, do nó quá xa. Vì nước có lẽ là chất lỏng trong đó ADN và protein được hình thành đầu tiên nên từ lâu người ta tin rằng sự sống trong Hệ Mặt trời chỉ có thể tồn tại trên Trái đất, hoặc có thể là trên Sao Hỏa.

Nhưng các nhà thiên văn học đã lầm. Sau khi tàu vũ trụ *Voyager* đi qua các vệ tinh của Sao Mộc, họ thấy rõ ràng cuộc sống có thể sinh sôi ở một nơi khác: dưới lớp băng trên các vệ tinh của Sao Mộc. Europa, một trong những vệ tinh của Sao Mộc được Galileo phát hiện năm 1610, nhanh chóng thu hút sự chú ý của các nhà thiên văn học. Mặc dù bề mặt của vệ tinh này được băng bao phủ vĩnh viễn, nhưng bên dưới lớp băng đó có một đại dương lỏng. Do đại dương trên Europa sâu hơn rất nhiều so với trên Trái đất, ước tính tổng thể tích của đại dương trên Europa gấp đôi thể tích các đại dương trên Trái đất.

---

1. Vùng Goldilocks, hay còn gọi là "vùng sự sống", "vành đai xanh", là nơi cách ngôi sao một khoảng mà những hành tinh kiểu Trái đất có thể duy trì nước ở trạng thái lỏng trên bề mặt của chúng và sự sống có thể phát triển trên những hành tinh này. (ND)

Đây là một cú sốc nhẹ, khi phát hiện ra ngoài Mặt trời còn có một nguồn năng lượng dồi dào khác trong Hệ Mặt trời. Bên dưới lớp băng, bề mặt của Europa liên tục bị làm nóng bởi lực thủy triều. Khi Europa quay trên quỹ đạo quanh Sao Mộc, lực hấp dẫn của hành tinh khổng lồ này tác động lên vệ tinh theo các hướng khác nhau, tạo ra ma sát giữa các lớp vật chất sâu bên trong lõi. Ma sát này tạo ra nhiệt, do đó làm tan băng và hình thành một đại dương nước ổn định ở thể lỏng.

Phát hiện này cho thấy các vệ tinh của những hành tinh khí khổng lồ xa xôi có lẽ còn thú vị hơn cả chính các hành tinh. (Đây có lẽ là lý do James Cameron chọn vệ tinh của một hành tinh có kích thước tương đương Sao Mộc làm bối cảnh cho bộ phim *Avatar* năm 2009.) Sự sống, vốn từng được cho là khá hiếm, có thể thực sự sinh sôi trong vũ trụ tối trên các vệ tinh của những hành tinh khí khổng lồ xa xôi. Bỗng nhiên, số nơi mà cuộc sống có thể sinh sôi đã bùng nổ gấp nhiều lần.

Phát hiện đáng chú ý này dẫn đến sự ra đời của sứ mệnh khám phá Hệ Sao Mộc và các vệ tinh, tập trung chủ yếu vào vệ tinh Europa (EJSM, viết tắt của Europa Jupiter System Mission) dự kiến sẽ được khởi động vào năm 2020. Sứ mệnh này có thể gồm các vệ tinh được thiết kế để bay quanh Europa và có thể hạ cánh trên đó. Ngoài ra, các nhà khoa học đã mơ ước khám phá Europa bằng cách gửi đi các thiết bị tinh vi hơn nữa. Các nhà khoa học đã xem xét nhiều phương pháp để tìm kiếm sự sống dưới lớp băng. Một phương án khả thi là sứ mệnh Europa Ice Clipper, thả các quả cầu trên bề mặt băng giá. Đám mây mảnh vụn và mảnh vỡ bay lên từ vị trí tác động sau đó sẽ được một tàu vũ trụ bay qua nó phân tích kỹ. Một chương trình thậm chí còn đầy tham vọng hơn là đặt một tàu ngầm hydrobot điều khiển từ xa bên dưới lớp băng.

Những phát hiện mới dưới đại dương Trái đất cũng đã củng cố thêm mối quan tâm đến vệ tinh Europa. Cho đến những năm 1970, hầu hết các nhà khoa học tin rằng Mặt trời là nguồn năng lượng duy nhất có thể tạo nên sự sống. Nhưng vào năm 1977, tàu ngầm *Alvin* đã

tìm thấy bằng chứng về các dạng sống mới đang sinh sôi mà không ai ngờ tới trước đây. Khi thám hiểm khe Galapagos, con tàu đã tìm thấy giun biển khổng lồ, trai, giáp xác, sò, và các dạng sống khác sử dụng năng lượng nhiệt từ miệng núi lửa ngầm để tồn tại. Nơi nào có năng lượng, nơi đó có thể có sự sống; và những miệng núi lửa ngầm dưới đại dương đã cung cấp một nguồn năng lượng mới trong màu đen ảm đạm của đáy biển. Trên thực tế, một số nhà khoa học cho rằng ADN đầu tiên được hình thành không phải trong một số vũng nước được tạo ra trên bờ biển sau khi thủy triều rút mà là dưới đáy biển sâu gần miệng núi lửa. Một số dạng nguyên thủy nhất của ADN (và có lẽ là cổ đại nhất) đã được tìm thấy ở đáy đại dương. Nếu vậy, thì miệng núi lửa trên Europa có thể cung cấp năng lượng để tạo ra thứ gì đó giống như ADN.

Người ta chỉ có thể suy đoán về các dạng sống có thể hình thành dưới lớp băng của Europa. Nếu tồn tại, đó có thể sẽ là các sinh vật bơi sử dụng sóng siêu âm để định hướng, thay vì ánh sáng, vì vậy những sinh vật này sẽ chỉ giới hạn đời sống của chúng trong vũ trụ dưới "bầu trời" băng.

LISA – TRƯỚC VỤ NỔ BIG BANG

Tuy nhiên, một vệ tinh không gian khác có thể tạo ra một chấn động trong tri thức khoa học là Ăngten Không Gian Giao Thoa Kế Laser (LISA, viết tắt của Laser Interferometer Space Antenna) và những phiên bản tiếp theo của nó. Những vệ tinh do thám này có thể làm điều không tưởng: tiết lộ những gì đã xảy ra trước vụ nổ Big Bang.

Hiện tại, chúng ta đã có thể đo được tốc độ dịch chuyển ra xa Trái đất của các thiên hà. (Nhờ dịch chuyển Doppler, hiện tượng ánh sáng bị bóp méo nếu ngôi sao di chuyển về phía hoặc ra xa bạn). Hiện tượng này cho phép chúng ta đo tốc độ giãn nở của vũ trụ. Sau đó, chúng ta "tua ngược băng video" và tính toán thời điểm Vụ Nổ Lớn. Việc này rất giống với cách bạn có thể phân tích các mảnh vỡ bốc cháy

phát ra từ một vụ nổ để xác định thời điểm vụ nổ xảy ra. Nhờ phương pháp này, chúng ta đã xác định được Vụ Nổ Lớn diễn ra cách đây 13,7 tỷ năm. Tuy nhiên, đáng buồn là vệ tinh không gian hiện tại, WMAP (Tàu thăm dò bất đẳng hướng vi sóng Wilkinson), chỉ có thể tua ngược lại đến khoảng 400.000 năm sau vụ nổ ban đầu. Vì vậy, vệ tinh hiện tại chỉ có thể cho chúng ta biết đã có một tiếng nổ, nhưng không thể cho biết tại sao nó nổ, cái gì đã nổ, và nguyên nhân gây ra nổ là gì.

Đó là lý do LISA tạo ra sự phấn khích đến vậy. LISA sẽ đo một loại bức xạ hoàn toàn mới: các sóng hấp dẫn khi xảy ra Vụ Nổ Lớn.

Thế giới quan của con người luôn thay đổi mỗi khi một dạng bức xạ mới được khai thác. Khi kính thiên văn quang học được Galileo sử dụng lần đầu tiên để lập bản đồ các hành tinh và ngôi sao, việc này đã mở ra ngành thiên văn học. Khi các kính thiên văn vô tuyến được hoàn thiện ngay sau Thế chiến thứ hai, một vũ trụ với các ngôi sao đang bùng nổ và các lỗ đen đã được phát hiện. Và hiện nay thế hệ thứ ba của kính thiên văn, có khả năng đo sóng hấp dẫn, có thể mở ra một viễn cảnh thậm chí còn ngoạn mục hơn, thế giới của các lỗ đen va chạm vào nhau, chiều không gian cao hơn, và thậm chí là một đa vũ trụ.

Dự kiến, LISA sẽ được phóng trong khoảng từ năm 2018 đến 2020. LISA bao gồm ba vệ tinh tạo thành một tam giác khổng lồ rộng năm triệu kilômét, nối với nhau bằng ba chùm tia laser. Đây sẽ là công cụ không gian lớn nhất từng được phóng lên quỹ đạo. Bất kỳ sóng hấp dẫn nào sinh ra từ Vụ Nổ Lớn hiện còn vang dội xung quanh vũ trụ sẽ khiến các vệ tinh rung nhẹ. Tín hiệu nhiễu này sẽ thay đổi các chùm laser, và sau đó các cảm biến sẽ ghi lại tần số và đặc điểm của nhiễu. Bằng cách này, các nhà khoa học sẽ có thể nhận được thông tin trong vòng một phần tỷ giây sau Vụ Nổ Lớn ban đầu. (Theo Einstein, không-thời gian giống như một tấm vải có thể bị uốn cong và kéo dài. Nếu có một sự xáo trộn lớn, như va chạm của các lỗ đen hay Vụ Nổ Lớn, thì những gợn sóng có thể hình thành và di chuyển trên mảnh vải này. Những gợn sóng này, hay còn gọi là sóng hấp dẫn, quá nhỏ để có thể

phát hiện được bằng các công cụ thông thường, nhưng LISA đủ nhạy và đủ lớn để phát hiện các rung động gây ra bởi các sóng hấp dẫn này.)

LISA không những phát hiện được bức xạ từ các lỗ đen va chạm, nó cũng có thể nghiên cứu thời kỳ trước Vụ Nổ Lớn, vốn từng được cho là điều không tưởng.

Hiện nay, một số giả thuyết về thời kỳ trước Vụ Nổ Lớn đến từ lý thuyết dây, vốn là lĩnh vực chuyên môn của tôi. Trong một kịch bản, vũ trụ của chúng ta có dạng một bong bóng khổng lồ liên tục giãn nở. Chúng ta sống trên vỏ của bong bóng khổng lồ này (chúng ta đang mắc kẹt trên bong bóng như những con ruồi trên bẫy keo). Nhưng vũ trụ bong bóng của chúng ta cùng tồn tại trong một đại dương của các vũ trụ bong bóng khác, tạo nên nhiều vũ trụ, như một bồn tắm bong bóng. Thi thoảng, những bong bóng này có thể va chạm nhau (đây được gọi là giả thuyết Vụ Va Chạm Lớn) hoặc phân chia thành những bong bóng nhỏ hơn và sau đó mở rộng (giả thuyết lạm phát vĩnh cửu). Mỗi giả thuyết này dự đoán cách vũ trụ giải phóng bức xạ hấp dẫn sau vụ nổ ban đầu. LISA sau đó có thể đo bức xạ hấp dẫn phát ra sau Vụ Nổ Lớn và so sánh nó với các dự đoán khác nhau của lý thuyết dây. Nhờ vậy, LISA có thể loại trừ hoặc củng cố một số lý thuyết này.

Nhưng ngay cả khi LISA không đủ nhạy để thực hiện nhiệm vụ tinh tế này thì thế hệ vệ tinh thăm dò tiếp theo tân tiến hơn LISA (Máy Quan Sát Vụ Nổ Lớn – Big Bang Observer) có thể tiếp tục nhiệm vụ.

Nếu thành công, những vệ tinh thăm dò không gian này có thể trả lời câu hỏi thách thức trong nhiều thế kỷ: Nguồn gốc vũ trụ đến từ đâu? Vì vậy, trong tương lai gần, công bố nguồn gốc của Vụ Nổ Lớn có thể là một khả năng chắc chắn.

SỨ MỆNH THĂM DÒ KHÔNG GIAN CÓ NGƯỜI LÁI

Trong khi các nhiệm vụ thăm dò không người lái sẽ tiếp tục mở ra những khung cảnh mới trong thám hiểm không gian, các sứ mệnh có

người lái sẽ đối mặt với những trở ngại lớn hơn nhiều. Điều này là do, so với các sứ mệnh có người lái, sứ mệnh không người lái rẻ và linh hoạt; có thể khám phá các môi trường nguy hiểm; không cần tốn kém hỗ trợ sự sống; và quan trọng nhất, không phải quay lại Trái đất.

Trở lại năm 1969, dường như các phi hành gia của chúng ta đã sẵn sàng khám phá Hệ Mặt trời. Neil Armstrong và Buzz Aldrin vừa bước đi trên Mặt trăng, mọi người đang mơ tới chuyện đi tới Sao Hỏa và xa hơn nữa. Dường như chúng ta đang ở ngưỡng của các vì sao. Một thời đại mới sắp bừng lên cho toàn nhân loại.

Rồi giấc mơ sụp đổ.

Như nhà văn khoa học viễn tưởng Isaac Asimov đã viết, chúng ta đã ghi bàn thắng, nhặt lấy bóng, rồi về nhà. Ngày nay, tên lửa đẩy Saturn cũ đang im lìm trong các bảo tàng hoặc mục nát trong các bãi phế liệu. Cả một thế hệ các nhà khoa học tên lửa hàng đầu phải giải tán. Động lượng của cuộc đua không gian dần tan biến. Ngày nay, bạn chỉ có thể tìm thấy tài liệu về chuyến đi bộ trên Mặt trăng nổi tiếng trong những cuốn sách lịch sử bụi bặm.

Chuyện gì đã xảy ra? Nhiều thứ, bao gồm cả chiến tranh Việt Nam, vụ bê bối Watergate… Nhưng cuối cùng, mọi nguyên nhân chỉ cô đọng lại trong một từ: chi phí.

Đôi khi chúng ta quên rằng du hành vũ trụ rất đắt đỏ, tốn kém. Để đặt một vật nặng khoảng nửa cân vào quỹ đạo Trái đất cần đến 10.000 đô la. Hãy nghĩ đến một bức tượng John Glenn làm bằng vàng khối, từ đó bạn có thể hình dung được chi phí đi lại không gian. Để đến được Mặt trăng sẽ cần khoảng 200.000 đô la mỗi cân. Và để đến được Sao Hỏa sẽ cần khoảng 2.000.000 đô la cho mỗi cân (lượng kim cương bằng cân nặng của bạn).

Tuy nhiên, sự phấn khích và kịch tính cạnh tranh với người Nga đã phủ bóng lên những khó khăn này. Những pha mạo hiểm ngoài không gian ngoạn mục của các phi hành gia dũng cảm giấu đi chi phí thực sự của việc thám hiểm không gian, do các quốc gia sẵn sàng chi trả

nếu danh dự quốc gia của họ bị đe dọa. Nhưng ngay cả các siêu cường cũng không thể duy trì chi phí cao như vậy trong nhiều thập kỷ.

Đáng buồn thay, đã hơn 300 năm kể từ khi Sir Isaac Newton lần đầu tiên cho ra đời các định luật về chuyển động, và chúng ta vẫn bị mắc kẹt bởi một phép tính đơn giản. Để ném một vật thể vào quỹ đạo gần Trái đất, bạn phải ném nó với tốc độ 29.000 km/h. Và để đưa nó vào sâu trong không gian, vượt ra ngoài lực hấp dẫn của Trái đất, bạn phải đẩy nó với tốc độ 40.000 km/h. (Và để đạt được con số kỳ diệu 40.000 km/h này, chúng ta phải sử dụng định luật thứ ba của Newton về chuyển động: mỗi lực đều có một phản lực với cùng độ lớn nhưng ngược hướng. Điều này có nghĩa là tên lửa có thể lao nhanh về phía trước do nó phun ra khí nóng theo hướng ngược lại, giống như cách một quả bóng bay quanh một căn phòng khi bạn thổi phồng nó và sau đó thả nó ra.) Vì vậy, tính toán chi phí di chuyển trong không gian chỉ còn là một bước đơn giản từ định luật Newton. Không có vấn đề kỹ thuật hay vật lý nào ngăn cản chúng ta khám phá Hệ Mặt trời; đây là chỉ là vấn đề chi phí.

Tệ hơn nữa, tên lửa phải mang theo nhiên liệu, làm tăng thêm khối lượng của nó. Máy bay một phần giải quyết được vấn đề này bởi vì chúng có thể lấy oxy từ không khí bên ngoài và sau đó đốt cháy nó trong động cơ. Nhưng vì không có không khí trong không gian, tên lửa phải mang theo các bình oxy và hydro.

Đây không những là lý do khiến du lịch vũ trụ trở nên quá đắt, mà còn khiến chúng ta không có ba lô phản lực và xe hơi bay. Các nhà văn khoa học viễn tưởng (không phải là các nhà khoa học thực thụ) đã mơ về một ngày con người có thể lên những chiếc ba lô phản lực và bay đến nơi làm việc, hoặc phóng trên chiếc xe bay gia đình trong một chuyến rong chơi ngày chủ nhật. Nhiều người bị vỡ mộng bởi những nhà tương lai học dự đoán những điều không bao giờ xảy ra. (Đó là lý do tại sao chúng ta thấy một loạt các bài báo và sách có tiêu đề hoài nghi như “Ba lô phản lực của tôi đâu?”) Nhưng một tính toán nhanh

cho ta thấy lý do. Trên thực tế máy bay phản lực đã tồn tại, Đức Quốc xã đã sử dụng chúng một thời gian ngắn trong Thế chiến II. Nhưng hydrogen peroxide, nhiên liệu phổ biến của ba lô phản lực, rất nhanh cạn, do đó, một chuyến bay điển hình của máy bay phản lực chỉ kéo dài một vài phút. Ngoài ra, những chiếc xe bay sử dụng cánh quạt trực thăng đốt cháy một lượng nhiên liệu khổng lồ, khiến chúng trở nên quá tốn kém đối với người dân bình thường ở ngoại ô.

HỦY BỎ CHƯƠNG TRÌNH MẶT TRĂNG

Do chi phí du hành vũ trụ quá lớn, tương lai của việc thăm dò không gian có người lái hiện nay luôn thay đổi. Cựu Tổng thống George W. Bush đã trình bày một kế hoạch rõ ràng nhưng đầy tham vọng cho chương trình không gian. Đầu tiên, tàu con thoi sẽ ngừng hoạt động vào năm 2010 và được thay thế vào năm 2015 bằng một hệ thống tên lửa mới có tên gọi Constellation. Thứ hai, các phi hành gia sẽ trở lại Mặt trăng vào năm 2020, cuối cùng thiết lập một căn cứ cố định có người lái ở đó. Thứ ba, điều này sẽ mở đường cho một nhiệm vụ thăm dò có người lái đến Sao Hỏa.

Tuy nhiên, ngành kinh tế du lịch vũ trụ đã thay đổi đáng kể tính từ thời điểm đó, đặc biệt do suy thoái kinh tế nghiêm trọng đã làm cạn kiệt ngân sách dành cho các sứ mệnh không gian trong tương lai. Báo cáo của Ủy ban Augustine, trao cho Tổng thống Barack Obama năm 2009, kết luận rằng kế hoạch trước đó là không bền vững với tình hình tài chính hiện tại. Trong năm 2010, Tổng thống Obama đã thông qua báo cáo Augustine, hủy bỏ tàu con thoi và phương án thay thế để thiết lập nền tảng cho việc quay trở lại Mặt trăng. Trong tương lai gần, nếu không có tên lửa để gửi các phi hành gia của chúng ta vào vũ trụ, NASA sẽ buộc phải dựa vào người Nga. Trong khi chờ đợi, điều này tạo cơ hội cho các công ty tư nhân tạo ra các tên lửa cần thiết để tiếp tục chương trình không gian có người lái. NASA sẽ không còn xây dựng tên lửa cho chương trình vũ trụ có người lái. Những người ủng

hộ kế hoạch cho rằng việc các doanh nghiệp tư nhân tiếp quản sẽ mở ra một kỷ nguyên mới về du hành vũ trụ. Các nhà phê bình nói rằng kế hoạch sẽ biến NASA trở thành "một cơ quan chẳng đi về đâu".

ĐẶT CHÂN ĐẾN MỘT TIỂU HÀNH TINH

Báo cáo Augustine đưa ra một thứ gọi là phương hướng linh hoạt, chứa một vài mục tiêu khiêm tốn không đòi hỏi quá nhiều nhiên liệu tên lửa; ví dụ, đi đến một tiểu hành tinh trôi nổi ở gần hoặc các vệ tinh của Sao Hỏa. Người ta đã chỉ ra rằng một tiểu hành tinh như vậy thậm chí có thể không nằm trên biểu đồ bầu trời của chúng ta; nó có thể là một tiểu hành tinh lang thang có thể được phát hiện trong tương lai gần.

Báo cáo Augustine cho biết, vấn đề là nhiên liệu tên lửa cho nhiệm vụ hạ cánh và trở về từ Mặt trăng, đặc biệt là từ Sao Hỏa, sẽ cực kỳ tốn kém. Nhưng vì các tiểu hành tinh và vệ tinh của Sao Hỏa có trường hấp dẫn rất yếu, nên các nhiệm vụ này sẽ không đòi hỏi quá nhiều nhiên liệu tên lửa. Báo cáo cũng đề cập đến khả năng đến thăm các điểm Lagrange, những nơi ngoài không gian nơi lực hấp dẫn của Trái đất và Mặt trăng triệt tiêu nhau. (Những điểm này giống như một bãi chứa vũ trụ, nơi chứa những mảnh vụn cổ đại từ Hệ Mặt trời sơ khai, vì vậy bằng cách ghé thăm chúng, các phi hành gia có thể tìm thấy những mẫu đá thú vị từ lúc hệ Trái đất-Mặt trăng hình thành.)

Đặt chân đến một tiểu hành tinh chắc chắn sẽ là một nhiệm vụ chi phí thấp, vì các tiểu hành tinh có trường hấp dẫn rất yếu. (Đây cũng là lý do các tiểu hành tinh có hình dạng bất thường, chứ không phải là hình cầu. Trong vũ trụ, các vật thể lớn – như các ngôi sao, các hành tinh và các vệ tinh – đều có hình cầu vì lực hấp dẫn kéo đều các hướng. Bất kỳ hình dạng dị thường nào của hành tinh sẽ dần biến mất do lực hấp dẫn nén lớp vỏ. Nhưng lực hấp dẫn của tiểu hành tinh quá yếu đến nỗi nó không thể nén tiểu hành tinh thành một hình cầu.)

Một khả năng là tiểu hành tinh Apophis, tiểu hành tinh này sẽ đi đến gần Trái đất vào năm 2029. Apophis rộng khoảng 300 m, tương

đương kích thước của một sân vận động bóng đá lớn, và sẽ đến gần Trái đất đến mức nó thực sự sẽ đi qua bên dưới một số vệ tinh của Trái đất. Tùy thuộc vào cách quỹ đạo của tiểu hành tinh bị thay đổi khi lại gần Trái đất, nó có thể quay trở lại Trái đất vào năm 2036, và có cơ hội va chạm rất nhỏ với Trái đất (1/100.000). Nếu điều này xảy ra, nó sẽ va vào Trái đất với lực tương đương 100.000 quả bom nguyên tử từng được thả xuống thành phố Hiroshima, đủ để phá hủy một khu vực rộng lớn như Pháp với bão lửa, sóng xung kích và những mảnh vụn bốc cháy. (Để so sánh, một vật thể nhỏ hơn nhiều, có lẽ có kích thước của một tòa nhà chung cư, rơi xuống Tunguska, Siberia, vào năm 1908, với lực tương đương khoảng 1.000 quả bom Hiroshima, phá hủy 2.560 km^2 rừng và tạo ra một sóng xung kích bao phủ hàng ngàn cây số. Nó cũng tạo ra một ánh sáng kỳ lạ trên khắp châu Á và châu Âu, đến mức mọi người ở London có thể đọc báo vào ban đêm.)

Việc thám hiểm Apophis sẽ không làm căng thẳng ngân sách của NASA, vì tiểu hành tinh này đang đến gần Trái đất, nhưng việc hạ cánh trên đó có thể là cả một vấn đề. Vì nó có lực hấp dẫn yếu nên tàu thăm dò thực ra sẽ liên kết với tiểu hành tinh này, thay vì đặt chân lên theo nghĩa truyền thống. Ngoài ra, tiểu hành tinh có thể quay bất thường, vì vậy cần thực hiện các phép đo chính xác trước khi hạ cánh. Sẽ rất thú vị khi kiểm tra độ vững chắc của hành tinh này. Một số người tin rằng một tiểu hành tinh có thể là bộ sưu tập đá liên kết lỏng lẻo với nhau bởi một lực hấp dẫn yếu. Những người khác tin rằng nó có thể khá vững chắc. Việc xác định tính nhất quán của một tiểu hành tinh có thể quan trọng nếu một ngày chúng ta phải sử dụng vũ khí hạt nhân để thổi bay nó tránh va chạm với Trái đất. Một tiểu hành tinh, thay vì bị nghiền thành bột mịn, có thể chia thành nhiều mảnh lớn. Nếu vậy, thì những mảnh vỡ này còn có thể nguy hiểm hơn mối đe dọa ban đầu. Một ý tưởng tốt hơn là di chuyển tiểu hành tinh ra khỏi quỹ đạo trước khi nó đến gần Trái đất.

ĐẶT CHÂN LÊN MỘT VỆ TINH CỦA SAO HỎA

Mặc dù báo cáo Augustine không ủng hộ sứ mệnh thăm dò có người lái lên Sao Hỏa, một khả năng hấp dẫn là gửi các phi hành gia đến thăm các vệ tinh của Sao Hỏa, Phobos và Deimos. Những vệ tinh này nhỏ hơn nhiều so với vệ tinh của Trái đất và do đó có một trường hấp dẫn rất yếu. Có một số lợi thế khi hạ cánh trên các vệ tinh của Sao Hỏa, ngoài việc tiết kiệm chi phí.

1. Đầu tiên, các vệ tinh này có thể được sử dụng làm trạm không gian. Đây sẽ là một cách phân tích hành tinh tiết kiệm từ vũ trụ mà không cần đặt chân đến đó.

2. Thứ hai, đây có thể là cách tới Sao Hỏa dễ dàng. Phobos cách trung tâm Sao Hỏa gần 10.000 km, nên ta có thể thực hiện một cuộc thám hiểm nhanh chóng đến hành tinh Đỏ trong vòng một vài giờ.

3. Những vệ tinh này có thể sẽ chứa các hang động được sử dụng như một căn cứ có người lái cố định để bảo vệ chống lại thiên thạch và bức xạ. Đặc biệt, trên Phobos có miệng núi lửa khổng lồ Stickney, chỉ ra rằng vệ tinh này đã có thể bị trúng một thiên thạch khổng lồ và gần như bị thổi bay. Tuy nhiên, lực hấp dẫn từ từ hút những mảnh vỡ nhỏ lại và lắp ráp lại thành vệ tinh. Có lẽ có rất nhiều hang động và khoảng trống còn sót lại từ vụ va chạm cổ xưa này.

QUAY TRỞ LẠI MẶT TRĂNG

Báo cáo Augustine cũng đề cập đến chương trình Moon First, đề cập con người sẽ quay trở lại Mặt trăng, nhưng chỉ khi có thêm tài trợ – ít nhất là 30 tỷ đô la trong 10 năm. Vì điều này là không khả thi, chương trình Mặt trăng trên thực tế bị hủy bỏ, ít nhất là trong những năm tới.

Sứ mệnh thăm dò Mặt trăng đã bị hủy bỏ có tên là Chương trình Constellation, bao gồm một số thành phần chính. Đầu tiên là Ares, tên lửa đẩy lớn đầu tiên của Mỹ kể từ khi Saturn bị lưu kho vào những năm 1970. Ở phía trước của Ares là mô-đun Orion, có thể mang sáu

phi hành gia đến trạm không gian hoặc bốn phi hành gia đến Mặt trăng. Sau đó là tàu đáp Altair, sẽ được dùng để đáp xuống Mặt trăng.

Tàu con thoi cũ, nơi tên lửa con thoi được đặt ở cùng phía với tên lửa đẩy, có một số sai sót thiết kế, bao gồm cả xu hướng rụng các mảnh bọt của tên lửa. Điều này đã gây hậu quả thảm khốc cho tàu con thoi *Columbia*, đã vỡ tan vào năm 2003 khi đang hạ cánh trở lại Trái đất, làm bảy phi hành gia dũng cảm tử nạn, do một miếng bọt từ tên lửa đẩy va vào tàu và tạo ra một lỗ thủng trên cánh tàu trong khi cất cánh. Trong quá trình hạ cánh, khí nóng xâm nhập vào thân tàu *Columbia*, giết chết toàn bộ phi hành đoàn bên trong và khiến con tàu vỡ tan. Trong Constellation, vấn đề này được giải quyết bằng cách đặt trực tiếp mô-đun phi hành đoàn trên đỉnh của tên lửa đẩy.

Báo chí đã gọi Constellation là "chương trình Apollo hạng nặng", vì nó rất giống chương trình tên lửa mặt trăng của những năm 1970. Tên lửa đẩy Ares I cao 99 m, tương đương tên lửa Saturn V 110 m. Nó có nhiệm vụ mang mô-đun Orion vào không gian, thay thế cho tàu con thoi cũ. Nhưng để phóng các vật rất nặng, NASA đã sử dụng tên lửa Ares V, cao 116 m và có khả năng chuyên chở 207 tấn trọng tải vào không gian. Tên lửa Ares V sẽ là nền tảng của bất kỳ phi thuyền nào tới Mặt trăng hay Sao Hỏa. (Mặc dù Ares đã bị hủy bỏ, có ý kiến cho rằng nên giữ lại một số bộ phận này cho các phi thuyền trong tương lai.)

CĂN CỨ VĨNH VIỄN TRÊN MẶT TRĂNG

Mặc dù đã hủy bỏ chương trình Constellation, nhưng Tổng thống Obama để ngỏ một vài khả năng. Tàu Orion vốn dùng để đưa các phi hành gia trở lại Mặt trăng, lại đang được coi là thiết bị cứu hộ cho Trạm Vũ trụ Quốc tế. Tại một thời điểm nào đó trong tương lai, khi nền kinh tế phục hồi, một chính quyền khác có thể hướng tầm nhìn về phía Mặt trăng một lần nữa, bao gồm một căn cứ trên Mặt trăng.

Nhiệm vụ thiết lập căn cứ vĩnh viễn trên Mặt trăng đối mặt với nhiều trở ngại. Đầu tiên là những thiên thạch nhỏ. Do Mặt trăng

không có không khí, đá trong không gian thường xuyên va chạm với Mặt trăng. Chúng ta có thể thấy điều này bằng cách quan sát bề mặt của nó, với nhiều hố lồ chỗ do va chạm với các thiên thạch, một số có niên đại hàng tỷ năm.

Tôi đã được tận mắt nhìn thấy nguy cơ này khi còn là sinh viên tại Đại học California ở Berkeley. Đá mặt trăng được mang về từ vũ trụ vào đầu những năm 1970 đã tạo ra một cảm giác phấn khích trong cộng đồng khoa học. Tôi được mời vào một phòng thí nghiệm đang phân tích đá mặt trăng dưới kính hiển vi. Tảng đá có vẻ bình thường, vì đá mặt trăng rất giống với đá trên Trái đất, nhưng dưới kính hiển vi, tôi đã bị sốc. Tôi nhìn thấy những hố thiên thạch nhỏ trong tảng đá, và ở bên trong tôi lại nhìn thấy những miệng hố nhỏ hơn. Hố trong hố trong hố, một cái gì đó tôi chưa từng thấy trước đây. Tôi ngay lập tức nhận ra nếu không có không khí, ngay cả những vi bụi nhỏ nhất, va vào bạn với tốc độ 65,000 km/h, có thể dễ dàng giết chết bạn hoặc ít nhất là đâm xuyên qua áo bảo hộ không gian của bạn. (Các nhà khoa học hiểu được thiệt hại to lớn do các thiên thạch nhỏ tạo ra bởi vì họ có thể mô phỏng những tác động này, và họ đã tạo ra những khẩu súng khổng lồ trong phòng thí nghiệm có thể bắn ra các viên kim loại để nghiên cứu tác động của các thiên thạch này).

Giải pháp khả thi là xây dựng một căn cứ ngầm trên Mặt trăng. Do những hoạt động núi lửa cổ xưa trên Mặt trăng, các phi hành gia của chúng ta có thể tìm thấy một ống dung nham kéo dài sâu vào bên trong Mặt trăng. Ống dung nham này được tạo nên từ dòng dung nham cổ, khoét thành các kiến trúc giống hang động ngầm. Năm 2009, các nhà thiên văn học đã tìm thấy một ống dung nham tương đương một tòa nhà chọc trời có thể dùng làm căn cứ vĩnh viễn trên Mặt trăng.

Hang động tự nhiên này có thể bảo vệ các phi hành gia chống lại bức xạ từ tia vũ trụ và bức xạ nhiệt từ Mặt trời. Ngay cả khi bay xuyên lục địa từ New York đến Los Angeles, chúng ta vẫn tiếp xúc với hàng

triệu bức xạ mỗi giờ (tương đương với chụp X-quang răng). Đối với các phi hành gia trên mặt trăng, bức xạ có thể quá mạnh đến mức họ cần phải sống trong các căn cứ ngầm. Nếu không có bầu khí quyển, bức xạ mặt trời và tia vũ trụ sẽ gây ra nguy cơ tức thời cho các phi hành gia, gây lão hóa sớm và thậm chí ung thư.

Trọng lượng cũng là một vấn đề, đặc biệt là cho các sứ mệnh dài trong không gian. Tôi từng đến thăm trung tâm đào tạo của NASA ở Cleveland, Ohio, nơi tiến hành các bài kiểm tra rộng rãi trên các phi hành gia. Trong một thử nghiệm tôi quan sát thấy, phi hành gia bị treo lên nhờ một bộ đai giữ cơ thể song song với mặt đất. Sau đó, anh bắt đầu chạy trên một máy chạy bộ, có đường chạy thẳng đứng. Bằng cách này, các nhà khoa học NASA có thể mô phỏng trạng thái không trọng lượng trong khi kiểm tra sức bền của phi hành gia.

Khi nói chuyện với các bác sĩ của NASA, tôi biết được rằng trạng thái không trọng lượng đã gây tổn hại nhiều hơn tôi từng nghĩ. Một bác sĩ giải thích với tôi rằng sau vài thập kỷ các phi hành gia Mỹ và Nga ở trạng thái không trọng lượng kéo dài, các nhà khoa học nhận ra cơ thể họ trải qua những thay đổi đáng kể: sự thoái hóa ở cơ, xương và hệ tim mạch. Cơ thể chúng ta phát triển qua hàng triệu năm trong trường hấp dẫn của Trái đất. Khi được đặt trong một trường hấp dẫn yếu hơn trong một thời gian dài, tất cả các quá trình sinh học của chúng ta rơi vào tình trạng lộn xộn.

Các phi hành gia người Nga trải qua khoảng một năm trong không gian trở nên quá yếu khi quay trở lại Trái đất đến mức bò không nổi. Ngay cả khi tập thể dục hằng ngày trong không gian, cơ bắp của họ cũng bị teo, xương mất canxi và hệ thống tim mạch bắt đầu suy yếu. Một số phi hành gia mất nhiều tháng để phục hồi từ những tổn thương này, một số tổn thương có thể tồn tại vĩnh viễn. Một chuyến đi đến Sao Hỏa, có thể mất hai năm, có thể làm cạn kiệt sức khỏe của các phi hành gia đến mức họ không thể thực hiện sứ mệnh của mình khi đến nơi. (Một giải pháp cho vấn đề này là quay tàu vũ trụ, tạo ra

lực hấp dẫn nhân tạo bên trong con tàu. Đây là lý do tương tự khi bạn quay một thùng nước trên đầu mình mà không có nước tràn ra. Nhưng điều này cực kỳ tốn kém do cần đến máy móc hạng nặng để quay tàu vũ trụ. Mỗi kilogram trọng lượng sẽ tăng thêm 20.000 đô la vào chi phí của sứ mệnh.)

NƯỚC TRÊN MẶT TRĂNG

Cục diện đã xoay chuyển khi khám phá ra băng cổ trên Mặt trăng, có lẽ còn sót lại từ các tác động sao chổi cổ xưa. Vào năm 2009, vệ tinh viễn thám và quan sát các hố mặt trăng (LCROSS) của NASA và tên lửa đẩy Centaur đâm vào vùng cực nam của Mặt trăng. Các thiết bị này va chạm với Mặt trăng ở tốc độ 9.000 km/h, tạo ra một cột vụn đất đá cao gần 1,6 km, và một hố rộng khoảng 18 m. Mặc dù khán giả truyền hình đã thất vọng khi va chạm của LCROSS không tạo ra một vụ nổ ngoạn mục như dự đoán nhưng nó đã mang lại nhiều dữ liệu khoa học. Khoảng 91 l nước đã được tìm thấy trong cột vụn đất đá đó. Sau đó, vào năm 2010, các nhà khoa học đã đưa ra thông báo gây sốc rằng 5% các mảnh vỡ chứa nước, vì vậy Mặt trăng thực sự ẩm ướt hơn so với nhiều vùng của sa mạc Sahara.

Điều này có thể rất quan trọng, bởi nghĩa là trong tương lai, các phi hành gia có thể khai thác mỏ băng ngầm làm nhiên liệu tên lửa (bằng cách giải phóng hydro trong nước), để thở (bằng cách giải phóng oxy), để che chắn (vì nước có thể hấp thụ bức xạ), và để uống một khi nó được tinh lọc. Vì vậy, phát hiện này có thể giúp tiết kiệm hàng trăm triệu đô la trong các nhiệm vụ đến Mặt trăng.

Nó cũng gợi khả năng các phi hành gia có thể sống tự cung tự cấp, thu hoạch băng và khoáng chất trên Mặt trăng để xây dựng và duy trì một căn cứ vĩnh cửu.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

THÁM HIỂM SAO HỎA

Trong chuyến đi Florida năm 2010 để thông báo việc hủy bỏ chương trình Mặt trăng, Tổng thống Obama đã đưa ra một triển vọng thay thế là thám hiểm Sao Hỏa. Ông ủng hộ tài trợ cho một tên lửa đẩy nặng chưa được xác định, có thể một ngày nào đó sẽ gửi các phi hành gia vào vũ trụ xa xôi bên ngoài Mặt trăng. Ông suy tưởng về một ngày, có lẽ vào giữa những năm 2030, khi các phi hành gia đặt chân lên Sao Hỏa. Một số phi hành gia, như Buzz Aldrin, đã nhiệt tình ủng hộ kế hoạch của Obama, bởi vì nó sẽ bỏ qua Mặt trăng. Aldrin từng nói với tôi rằng Mỹ đã lên Mặt trăng, và do đó cuộc phiêu lưu thực sự nằm ở việc đặt chân lên Sao Hỏa.

Trong tất cả các hành tinh của Hệ Mặt trời, chỉ có Sao Hỏa có vẻ như đủ giống Trái đất để nuôi dưỡng một dạng sống nào đó. (Sao Thủy, bị mặt trời đốt cháy, có lẽ quá khắc nghiệt để có sự sống, và những hành tinh khí khổng lồ – Sao Mộc, Sao Thổ, Sao Thiên Vương, Sao Hải Vương – quá lạnh để hỗ trợ sự sống. Sao Kim là anh em sinh đôi với Trái đất, nhưng hiệu ứng nhà kính đã tạo ra địa ngục: nhiệt độ tăng lên đến 482°C, khí quyển chủ yếu là khí cacbonic cao gấp 100 lần Trái đất, và có mưa axit sulfuric. Nếu di chuyển trên bề mặt Sao Kim, bạn sẽ bị ngạt thở, bị đè cho đến chết và phần cơ thể còn lại sẽ bị nhiệt đốt cháy và phân hủy trong axit sulfuric.)

Mặt khác, Sao Hỏa từng là một hành tinh ẩm ướt, giống như Trái đất, với đại dương và lòng sông từ lâu đã biến mất. Ngày nay, nó là một sa mạc lạnh lẽo, không có sự sống. Có lẽ các vi sinh vật đã từng phát triển mạnh mẽ hàng tỷ năm trước hoặc vẫn có thể đang tồn tại dưới lòng đất trong các suối nước nóng.

Ngay khi Mỹ cam kết chắc chắn đi đến Sao Hỏa, có thể mất thêm 20 đến 30 năm để thực sự hoàn thành sứ mệnh này. Nhưng việc

lên Sao Hỏa sẽ khó khăn hơn nhiều so với lên Mặt trăng. Trái ngược với Mặt trăng, Sao Hỏa đại diện cho một bước nhảy lượng tử khó khăn. Chỉ mất ba ngày để đến được Mặt trăng. Phải mất sáu tháng đến một năm để đến được Sao Hỏa.

Vào tháng 7 năm 2009, các nhà khoa học NASA đã đưa ra một bức tranh hiếm hoi về sứ mệnh thám hiểm Sao Hỏa thực tế. Các phi hành gia sẽ mất khoảng sáu tháng hoặc hơn để tiếp cận Sao Hỏa, sau đó dành 18 tháng trên hành tinh này, rồi mất thêm sáu tháng nữa cho chuyến hành trình trở về.

Tổng cộng, khoảng 700.000 kg thiết bị sẽ cần phải được gửi đến Sao Hỏa, nhiều hơn số thiết bị cần thiết cho trạm không gian trị giá 100 tỷ USD. Để tiết kiệm thực phẩm và nước, các phi hành gia sẽ phải thanh lọc chất thải của mình rồi lấy nó để bón cây trong chuyến đi và khi ở trên Sao Hỏa. Không có không khí, đất hay nước, mọi thứ đều phải mang từ Trái đất. Sẽ không thể sống trong môi trường, vì không có oxy, nước lỏng, động vật hay thực vật trên Sao Hỏa. Bầu khí quyển gần như là khí cacbonic nguyên chất, với áp suất khí quyển chỉ bằng 1% trên Trái đất. Chỉ một vết rách trên bộ quần áo không gian cũng sẽ tạo ra sự giảm áp và dẫn đến cái chết nhanh chóng.

Sứ mệnh sẽ phức tạp đến mức phải được chia thành nhiều bước. Do việc mang nhiên liệu tên lửa cho nhiệm vụ trở về Trái đất sẽ tốn kém, một tên lửa khác mang nhiên liệu có thể được gửi đến Sao Hỏa trước để tiếp nhiên liệu cho tàu vũ trụ. (Hoặc, nếu chiết xuất đủ oxy và hydro từ đá trên Sao Hỏa, có thể dùng chúng làm nhiên liệu tên lửa.)

Khi đặt chân đến Sao Hỏa, các phi hành gia có thể mất vài tuần để quen với cuộc sống trên một hành tinh khác. Chu kỳ ngày/đêm giống như trên Trái đất (một ngày trên Sao Hỏa là 24,6 giờ). Nhưng một năm dài gần gấp đôi. Nhiệt độ trên Sao Hỏa không bao giờ vượt quá điểm băng tan. Bão bụi trên Sao Hỏa rất khủng khiếp. Cát trên Sao Hỏa có độ mịn như bột talc và các cơn bão bụi thường xuyên nhấn chìm toàn bộ hành tinh.

ĐỊA CẦU HÓA SAO HỎA?

Giả sử đến giữa thế kỷ này các phi hành gia có thể đến Sao Hỏa và thiết lập một tiền đồn Sao Hỏa sơ khai, có khả năng các phi hành gia sẽ xem xét việc địa cầu hóa Sao Hỏa, biến nó trở thành một hành tinh hiếu khách hơn với sự sống. Việc này sẽ bắt đầu sớm nhất vào cuối thế 21, hoặc khả thi hơn là vào đầu thế kỷ 22.

Các nhà khoa học đã phân tích một số cách địa cầu hóa Sao Hỏa. Có lẽ cách đơn giản nhất là bơm khí metan hoặc các khí nhà kính khác vào khí quyển. Vì là khí nhà kính mạnh hơn cacbonic nên khí metan có thể bẫy ánh sáng mặt trời, nâng nhiệt độ bề mặt của Sao Hỏa lên trên nước băng tan. Ngoài khí metan, các khí nhà kính khác đã được phân tích cho các thí nghiệm địa cầu hóa Sao Hỏa, chẳng hạn như ammoniac và chlorofluorocarbon (CFC).

Khi nhiệt độ bắt đầu tăng lên, lớp băng vĩnh cửu dưới lòng đất có thể bắt đầu tan ra, lần đầu tiên sau hàng tỷ năm. Khi lớp băng vĩnh cửu tan chảy, lòng sông sẽ bắt đầu được đổ đầy nước. Cuối cùng, các hồ và thậm chí đại dương có thể hình thành một lần nữa trên Sao Hỏa khi bầu khí quyển dày lên. Điều này sẽ thải ra nhiều khí cacbonic hơn, tạo ra một vòng phản hồi tích cực.

Năm 2009, người ta phát hiện ra khí metan thoát ra từ bề mặt Sao Hỏa. Nguồn khí này vẫn là một bí ẩn. Trên Trái đất, phần lớn khí metan là do sự phân rã của vật liệu hữu cơ. Nhưng trên Sao Hỏa, khí metan có thể là sản phẩm phụ của quá trình địa chất. Nếu xác định được nguồn khí metan này, thì có thể tăng sản lượng của nó và do đó làm thay đổi khí quyển.

Một khả năng khác là điều hướng sao chổi cho nó bay vào bầu khí quyển Sao Hỏa. Nếu có thể đón đầu một sao chổi từ đủ xa, thì ngay cả một cú hích nhỏ bằng một động cơ tên lửa, một va chạm với một đầu dò, hoặc thậm chí lực kéo hấp dẫn của một tàu vũ trụ có thể đủ để làm chệch hướng nó. Sao chổi được làm chủ yếu bằng nước đá và định kỳ

chạy qua Hệ Mặt trời của chúng ta. (Ví dụ, sao chổi Halley bao gồm một lõi – có hình giống như đậu phộng – rộng khoảng 32 km, chủ yếu cấu thành từ băng và đá.) Khi sao chổi tiến gần tới bề mặt Sao Hỏa, nó sẽ gặp phải ma sát từ khí quyển, khiến sao chổi phân hủy từ từ, giải phóng nước vào khí quyển dưới dạng hơi nước.

Nếu không có sao chổi, cũng có thể làm chệch hướng một trong các vệ tinh băng của Sao Mộc hoặc có lẽ một tiểu hành tinh có chứa băng, chẳng hạn như Ceres, được cho là chứa 20% nước. (Các vệ tinh và tiểu hành tinh này sẽ khó bị thay đổi quỹ đạo, do quỹ đạo của chúng thường ổn định). Thay vì làm cho sao chổi, vệ tinh hay tiểu hành tinh từ từ phân rã trong quỹ đạo của nó quanh Sao Hỏa, giải phóng hơi nước, một lựa chọn khác sẽ là lái chúng va chạm có kiểm soát với các chỏm băng Sao Hỏa. Các cực của Sao Hỏa được làm bằng khí cacbonic đông lạnh, biến mất trong những tháng mùa hè, và băng, tạo nên các chỏm băng vĩnh cửu. Nếu sao chổi, vệ tinh, hoặc tiểu hành tinh va chạm vào chỏm băng, chúng có thể giải phóng một lượng lớn nhiệt và làm bay hơi nước đá khô. Vì khí cacbonic là khí nhà kính nên sẽ làm đặc không khí và giúp thúc đẩy nhanh quá trình nóng lên toàn cầu trên Sao Hỏa. Nó cũng có thể tạo ra một vòng phản hồi tích cực. Càng nhiều cacbonic được giải phóng từ các chỏm băng, thì hành tinh càng ấm lên, và nó sẽ tiết ra nhiều khí cacbonic hơn nữa.

Một đề xuất khác là kích nổ bom hạt nhân trực tiếp trên các chỏm băng. Hạn chế là nước lỏng thu được có thể chứa bụi phóng xạ. Hoặc chúng ta có thể thử tạo ra một lò phản ứng nhiệt hạch có khả năng làm tan các chỏm băng ở các cực. Các nhà máy nhiệt hạch sử dụng nước làm nhiên liệu cơ bản và có rất nhiều nước đóng băng trên Sao Hỏa.

Khi nhiệt độ của Sao Hỏa tăng lên đến điểm băng tan, các hồ nước có thể hình thành, và một số loại tảo phát triển mạnh trên Trái đất ở Nam Cực có thể được đưa lên Sao Hỏa. Chúng có thể thực sự phát triển mạnh trong bầu khí quyển của Sao Hỏa, bao gồm 95%

cacbonic. Chúng cũng có thể được biến đổi gen để tối đa hóa sự tăng trưởng trên Sao Hỏa. Các hồ tảo này có thể tăng tốc độ địa cầu hóa Sao Hỏa theo nhiều cách. Đầu tiên, chúng có thể chuyển đổi khí cacbonic thành oxy. Thứ hai, chúng sẽ làm tối màu bề mặt Sao Hỏa, sao cho nó hấp thụ nhiều nhiệt hơn từ Mặt trời. Thứ ba, vì chúng tự phát triển mà không có bất kỳ sự thúc đẩy nào từ bên ngoài, đây sẽ là một cách tương đối rẻ để thay đổi môi trường của hành tinh. Thứ tư, tảo có thể được thu hoạch để làm thức ăn. Cuối cùng các hồ tảo này sẽ tạo ra đất và chất dinh dưỡng có thể thích hợp cho cây trồng, từ đó sẽ đẩy nhanh quá trình sản xuất oxy.

Các nhà khoa học cũng đã xem xét khả năng xây dựng các vệ tinh mặt trời xung quanh hành tinh, phản xạ ánh sáng mặt trời lên Sao Hỏa. Vệ tinh năng lượng mặt trời có thể làm nóng bề mặt Sao Hỏa trên mức đóng băng. Một khi điều này xảy ra và lớp băng vĩnh cửu bắt đầu tan chảy, hành tinh sẽ tự nhiên tiếp tục ấm lên.

LỢI ÍCH KINH TẾ?

Chúng ta không nên ảo tưởng sẽ được hưởng lợi ngay lập tức từ một kinh tế thịnh vượng bằng cách xâm chiếm Mặt trăng và Sao Hỏa. Khi Columbus đi thuyền đến Tân Thế giới vào năm 1492, ông đã mở ra một cánh cửa mới cho lịch sử kinh tế. Chẳng mấy chốc, những người chinh phục vùng đất mới đã mang về số lượng vàng khổng lồ cướp được từ người Mỹ bản địa, và những người định cư đã gửi nguyên liệu thô cùng cây trồng có giá trị trở lại Cựu Thế giới. Chi phí cho các cuộc thám hiểm đến Tân Thế giới đã được bù đắp nhiều hơn nhờ những vận may tuyệt vời mang lại.

Nhưng các thuộc địa trên Mặt trăng hoặc Sao Hỏa thì hoàn toàn khác. Không có không khí, nước lỏng hoặc đất màu mỡ, vì vậy tàu tên lửa sẽ phải mang theo mọi thứ, điều này cực kỳ tốn kém.

Hơn nữa, giá trị quân sự thu được khi xâm chiếm Mặt trăng là không đáng kể, ít nhất là trong thời gian ngắn. Điều này là do trung

bình mất ba ngày để tới được Mặt trăng từ Trái đất hoặc ngược lại, nhưng một cuộc chiến hạt nhân có thể được nổ ra chỉ trong 90 phút bằng tên lửa đạn đạo liên lục địa. Một binh đoàn không gian trên Mặt trăng sẽ không tới trận chiến Trên trái đất kịp thời để tạo nên sự khác biệt. Do đó, Lầu Năm Góc đã không tài trợ cho bất kỳ chương trình nào để vũ khí hóa Mặt trăng.

Điều này có nghĩa là nếu chúng ta bắt đầu các hoạt động khai thác quy mô lớn trên các thế giới khác, đó sẽ là vì lợi ích cho các thuộc địa không gian, không phải cho Trái đất. Người dân địa phương sẽ trích xuất kim loại và khoáng chất để sử dụng, vì nó quá đắt để vận chuyển đến Trái đất. Các hoạt động khai thác trong vành đai tiểu hành tinh sẽ chỉ có giá trị kinh tế khi chúng ta có các thuộc địa tự duy trì có khả năng tự sử dụng các nguyên liệu thô này, điều này sẽ không xảy ra cho đến cuối thế kỷ này hoặc nhiều khả năng hơn thế nữa.

DU LỊCH KHÔNG GIAN

Nhưng khi nào thì người bình thường có thể đi vào vũ trụ? Một số người có tầm nhìn, như Gerard O'Neill của Đại học Princeton, mơ về một thuộc địa không gian như một bánh xe khổng lồ, với nhà ở, nhà máy lọc nước, các đơn vị tái chế… được thành lập để giải quyết tình trạng dân số trên Trái đất. Nhưng trong thế kỷ 21, ý tưởng các thuộc địa không gian giúp giảm áp lực dân số chỉ là chuyện hão huyền. Đối với đa số, Trái đất sẽ là ngôi nhà duy nhất của chúng ta trong ít nhất một thế kỷ tới.

Tuy nhiên, có một cách mà người bình thường có thể đi vào không gian: như một du khách. Một số doanh nhân, những người chỉ trích sự lãng phí khổng lồ và quan liêu của NASA, nghĩ rằng họ có thể giảm chi phí đi lại không gian bằng cách lợi dụng lực thị trường. Burt Rutan và nhà đầu tư của ông đã giành được giải thưởng Ansari X trị giá 10 triệu đô la vào ngày 04 tháng 10 năm 2004, khi phóng SpaceShipOne hai lần trong vòng hai tuần lên trên 100 km. SpaceShipOne là tàu vũ trụ

tên lửa đầu tiên được phát triển thành công nhờ đầu tư tư nhân. Chi phí phát triển khoảng 25 triệu USD. Tỷ phú của Microsoft Paul Allen đã giúp bảo lãnh dự án.

Hiện nay, với SpaceShipTwo, Rutan hy vọng sẽ bắt đầu thử nghiệm để biến du hành không gian thương mại thành hiện thực. Tỷ phú Richard Branson của Virgin Atlantic đã lập ra Virgin Galactic, với một cảng hàng không không gian ở New Mexico và một danh sách dài những người sẵn sàng bỏ ra 200.000 đô la để thực hiện ước mơ bay vào vũ trụ. Virgin Galactic, sẽ là công ty lớn đầu tiên cung cấp các chuyến bay thương mại vào không gian, đã đặt mua năm tên lửa SpaceShipTwo. Nếu thành công, điều này có thể làm giảm 10 lần chi phí đi lại không gian.

SpaceShipTwo sử dụng một số phương pháp để cắt giảm chi phí. Thay vì sử dụng tên lửa đẩy khổng lồ để mang trọng tải vào không gian, Rutan đặt tàu vũ trụ của mình lên trên một chiếc máy bay, để nó có thể cõng trên một chiếc máy bay phản lực không khí truyền thống. Bằng cách này, bạn chỉ cần tiêu thụ oxy trong khí quyển để đạt được độ cao. Sau đó, vào khoảng 16 km phía trên mặt đất, tàu vũ trụ tách khỏi máy bay và quay về động cơ tên lửa của nó. Mặc dù con tàu vũ trụ không thể quay quanh Trái đất, nhưng nó có đủ nhiên liệu để đạt được độ cao gần 112 km, vượt khỏi nhiều tầng khí quyển, vì vậy hành khách có thể nhìn thấy bầu trời chuyển màu tím và sau đó màu đen. Động cơ của nó đủ mạnh để đạt Mach 3, hoặc ba lần tốc độ âm thanh (khoảng 3.500 km/h). Điều này chắc chắn là không đủ nhanh để đặt một tên lửa vào quỹ đạo (bạn cần có tốc độ 29.000 km/h), nhưng nó đủ để đưa bạn đến rìa của khí quyển và ngưỡng không gian bên ngoài. Trong tương lai gần, chuyến đi vào không gian có thể không đắt hơn nhiều so với một chuyến đi săn ở châu Phi.

(Tuy nhiên, để đi một vòng quanh Trái đất, bạn sẽ cần phải chi trả nhiều hơn để có một chuyến đi đến trạm không gian. Tôi đã từng hỏi tỷ phú Microsoft Charles Simonyi chi phí ông đã trả để có được

một vé đến Trạm Không gian. Ông nói rằng ông không muốn đưa ra con số chính xác, nhưng nói rằng các báo cáo truyền thông đưa ra con số không xa vời lắm, ở mức 20 triệu đô la. Ông đã thấy dễ chịu đến mức ông đã đi vào không gian những hai lần. Do đó du lịch vũ trụ, thậm chí trong tương lai gần, vẫn sẽ là sân chơi của những người giàu.)

Tuy nhiên, du lịch vũ trụ đã được tiêm một liều thuốc bổ vào tháng 9 năm 2010, khi Tập đoàn Boeing thông báo họ cũng đã đi vào kinh doanh, lên kế hoạch cho các chuyến bay thương mại cho khách du lịch vào đầu năm 2015. Điều này sẽ thúc đẩy quyết định của Tổng thống Obama tư nhân hóa chương trình không gian có người lái. Boeing sẽ phóng các tàu lên Trạm không gian quốc tế từ Cape Canaveral, Florida, mỗi chuyến đi có bốn thành viên phi hành đoàn, do đó sẽ còn tới ba chỗ cho khách du lịch vũ trụ. Tuy nhiên, Boeing đã thẳng thắn về việc tài trợ cho các liên doanh tư nhân vào không gian: người nộp thuế sẽ phải trả hầu hết các hóa đơn. "Đây là một thị trường không chắc chắn." John Elbon, giám đốc chương trình du hành không gian của Boeing cho biết. "Nếu phải thực hiện dự án này chỉ với đầu tư của Boeing kèm theo các yếu tố rủi ro, chúng tôi sẽ không thể chốt đề án kinh doanh."

NHỮNG ĐỀ XUẤT ĐẶC BIỆT

Chi phí quá tốn kém của du hành vũ trụ đã cản trở các tiến bộ trong cả thương mại và khoa học, vì vậy chúng ta cần một thiết kế mới mang tính cách mạng. Đến tương lai trung hạn, các nhà khoa học và kỹ sư sẽ hoàn thiện các công nghệ tên lửa đẩy mới để giảm chi phí du hành không gian.

Nhà vật lý Freeman Dyson đã đúc kết một số công nghệ thử nghiệm mà có thể ngày nào đó sẽ mở ra cơ hội cho một người bình thường. Những đề xuất này đều có rủi ro cao, nhưng chúng có thể làm giảm đáng kể chi phí. Đầu tiên là động cơ phóng laser; bao gồm bắn một tia laser công suất cao vào đuôi tên lửa, gây ra một vụ nổ nhỏ có

sóng xung kích đẩy tên lửa về phía trước. Một chuỗi tia laser liên tục làm bốc hơi nước, khiến tên lửa bay vào không gian. Lợi thế lớn của hệ thống phóng bằng laser là năng lượng đến từ một hệ thống trên mặt đất. Tên lửa laser không chứa nhiên liệu gì cả. (Ngược lại, các tên lửa hóa học, lãng phí nhiều năng lượng để mang khối lượng nhiên liệu vào không gian.)

Công nghệ cho hệ thống phóng bằng laser đã được chứng minh và mô hình thử nghiệm thành công đầu tiên được thực hiện vào năm 1997. Leik Myrabo thuộc Viện Bách khoa Rensselaer ở New York đã tạo ra nguyên mẫu khả thi cho tên lửa này, mà ông gọi là thiết bị mẫu cho công nghệ tàu bằng ánh sáng (lightcraft). Thiết kế ban đầu có đường kính 15 cm và nặng 56 gram. Một chùm laser công suất 10 kilowatt gây ra một loạt các vụ nổ laser ở phía dưới tên lửa, tạo nên một âm thanh súng máy do các vụ nổ không khí đẩy tên lửa với gia tốc 2 g (gấp đôi gia tốc hấp dẫn của Trái đất, hay 19,5 m/s^2). Ông đã có thể chế tạo các tên lửa đẩy bằng ánh sáng bay lên độ cao hơn 30 m trong không khí (tương đương với các tên lửa nhiên liệu lỏng đầu tiên của Robert Goddard trong những năm 1930).

Dyson mơ ước một ngày khi các hệ thống đẩy bằng laser có thể đưa trọng tải nặng vào quỹ đạo Trái đất chỉ với giá 10 đô mỗi kilogram, điều này thực sự sẽ cách mạng hóa việc đi lại không gian. Ông đã hình dung ra một tia laser khổng lồ có công suất 1.000 megawatt có thể đẩy một tên lửa nặng hai tấn vào quỹ đạo. (Công suất này tương đương sản lượng điện của một nhà máy điện hạt nhân truyền thống.) Tên lửa bao gồm trọng tải và một bể nước ở phía dưới, từ từ rò rỉ nước qua các lỗ nhỏ. Trọng tải và bể nước đều nặng một tấn. Khi chùm tia laser bắn vào đáy của tên lửa, nước ngay lập tức bốc hơi, tạo ra một loạt sóng xung kích đẩy tên lửa vào không gian. Tên lửa đạt được gia tốc 3 g và thoát khỏi lực hấp dẫn của Trái đất trong vòng sáu phút.

Do tên lửa không mang nhiên liệu, nên không có nguy cơ xảy ra vụ nổ tên lửa đẩy thảm khốc. Dù đã có 50 năm hoạt động trong không

gian, tên lửa hóa học vẫn có tỷ lệ thất bại khoảng 1%. Và những thất bại này rất kinh hoàng, với khí oxy và nhiên liệu hydro dễ bay hơi tạo ra những quả cầu lửa khổng lồ và đổ xuống như mưa mảnh vụn ở khu vực phóng. Ngược lại, hệ thống này đơn giản, an toàn và có thể được sử dụng nhiều lần với thời gian chết rất nhỏ, chỉ sử dụng nước và laser.

Hơn nữa, hệ thống cuối cùng sẽ tự nuôi được nó. Nếu có thể phóng nửa triệu tàu vũ trụ mỗi năm, chi phí từ những lần phóng này có thể dễ dàng bù đắp cho chi phí vận hành cũng như chi phí phát triển của nó. Tuy nhiên, Dyson nhận ra rằng đây là giấc mơ trong nhiều thập kỷ ở tương lai. Nghiên cứu cơ bản về những laser khổng lồ này cần đến nguồn lực tài trợ vượt xa so với tài trợ từ một trường đại học. Trừ khi nghiên cứu được bảo trợ bởi một tập đoàn lớn hoặc bởi chính phủ, hệ thống đẩy bằng laser sẽ không bao giờ thành hiện thực.

Đây chính là nơi giải thưởng X có thể giúp đỡ. Tôi đã từng nói chuyện với Peter Diamandis, người đã sáng lập ra giải thưởng X vào năm 1996, và ông đã nhận thức rõ về những giới hạn của tên lửa hóa học. Ông cũng thừa nhận với tôi, ngay cả SpaceShipTwo cũng đối mặt với vấn đề chi phí tên lửa hóa học khi muốn thoát khỏi lực hấp dẫn của Trái đất. Kết quả là, giải thưởng X trong tương lai sẽ được trao cho người có thể tạo ra một tên lửa được đẩy bởi một chùm năng lượng. (Nhưng thay vì sử dụng chùm tia laser, nó có thể sử dụng một nguồn năng lượng điện từ tương tự, một chùm vi ba.) Danh vọng từ giải thưởng X và sức hấp dẫn trị giá hàng triệu đô la có thể đủ để thu hút sự quan tâm giữa các doanh nhân và nhà phát minh tạo ra các tên lửa phi hóa học, chẳng hạn như tên lửa vi sóng.

Có những thiết kế tên lửa thử nghiệm khác, nhưng chúng lại có những rủi ro khác nhau. Một trong những thiết kế là súng khí, bắn đạn từ một khẩu súng lớn, tương tự như tên lửa trong cuốn tiểu thuyết *Từ Trái đất đến Mặt trăng* của Jules Verne. Tuy nhiên, tên lửa Verne sẽ không bao giờ bay, vì thuốc súng không thể bắn một viên đạn lên đến 40.000 km/h, là vận tốc cần thiết để thoát khỏi lực hấp dẫn

của Trái đất. Ngược lại, khẩu súng khí phun khí áp suất cao qua một họng dài để phóng đạn ở vận tốc cao. Abraham Hertzberg tại Đại học Washington ở Seattle đã xây dựng một nguyên mẫu súng có đường kính 10 cm và dài 9 m. Khí bên trong súng là một hỗn hợp của khí metan và không khí có áp suất lên đến 25 lần áp suất khí quyển. Khi khí được đốt cháy, tải trọng được đẩy lên cao với gia tốc ở mức đáng chú ý 30.000 g, một gia tốc lớn đến mức nó có thể dát phẳng hầu hết các vật kim loại.

Hertzberg đã chứng minh rằng khẩu súng khí có thể hoạt động. Nhưng để phóng một tải trọng vào không gian, ống súng phải dài hơn nhiều, khoảng 230 m, và phải sử dụng các loại khí khác nhau ở các giai đoạn khác nhau của nòng súng. Cần phải sử dụng đến năm giai đoạn với các loại khí khác nhau để đẩy trọng tải tới vận tốc thoát.

Chi phí phóng bằng súng khí có thể còn thấp hơn chi phí của hệ thống phóng bằng laser. Tuy nhiên, phóng con người theo cách này quá nguy hiểm; phương pháp này chỉ được sử dụng phóng các tải trọng vững chắc có thể chịu được gia tốc mạnh.

Một thiết kế thử nghiệm thứ ba là slingatron, giống như một quả bóng trên một sợi dây, quay tròn tải trọng rồi quăng vào không khí.

Mẫu để bàn của Derek Tidman có thể ném một vật lên với tốc độ 90 m mỗi giây trong vài giây. Slingatron bao gồm một ống hình bánh donut có đường kính 91 cm. Bên trong là các đường ống có đường kính 2,5 cm chứa một khối cầu thép nhỏ. Khi khối cầu lăn quanh ống, động cơ nhỏ đẩy khối cầu để nó di chuyển ngày càng nhanh.

Một slingatron thực sự có thể ném một tải trọng vào vũ trụ phải lớn hơn nhiều lần – đường kính từ hàng trăm đến hàng nghìn mét, có khả năng cung cấp năng lượng đến khi khối cầu đạt đến tốc độ 11 kilomét mỗi giây. Khối cầu sẽ rời khỏi slingatron với gia tốc 1.000 g, vẫn đủ để dát phẳng gần như mọi vật. Có nhiều câu hỏi kỹ thuật phải được giải quyết, quan trọng nhất là giảm tối thiểu ma sát giữa khối cầu và ống.

Cả ba thiết kế này sẽ cần đến nhiều thập kỷ để hoàn thiện, nhưng chỉ khi có tài trợ từ chính phủ hay công nghiệp tư nhân. Nếu không, chúng sẽ mãi nằm trên bản vẽ.

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2010)

THANG MÁY KHÔNG GIAN

Vào cuối thế kỷ này, công nghệ nano thậm chí còn có thể biến thang máy không gian thành hiện thực. Giống như Jack và cây đậu thần, chúng ta có thể leo lên những đám mây và xa hơn nữa. Chúng ta sẽ đi vào thang máy, nhấn nút rồi đi lên nhờ một sợi cacbon nano dài hàng ngàn kilômét. Điều này có thể làm đảo lộn nền kinh tế du lịch vũ trụ.

Trở lại năm 1895, nhà vật lý người Nga Konstantin Tsiolkovsky lấy cảm hứng từ việc xây dựng tháp Eiffel, tại thời điểm đó là tòa tháp cao nhất trên thế giới. Ông tự hỏi một câu hỏi đơn giản: Tại sao bạn không thể xây dựng một tháp Eiffel cao tới bên ngoài không gian? Ông đã tính toán theo các định luật vật lý nếu nó đủ cao thì nó sẽ không bao giờ rơi xuống. Ông gọi đó là "lâu đài thượng thiên" trên bầu trời.

Hãy lấy ví dụ về một quả bóng trên một sợi dây. Bằng cách đánh bóng xung quanh, lực ly tâm đủ để giữ cho quả bóng không rơi xuống. Tương tự như vậy, nếu một dây cáp đủ dài, lực ly tâm sẽ ngăn nó rơi xuống đất. Sự quay của Trái đất sẽ đủ để giữ cho dây cáp trên bầu trời. Sau khi dây cáp này được kéo dài lên các tầng trời, bất kỳ thang máy nào chạy dọc theo dây cáp này đều có thể đi vào không gian.

Về mặt lý thuyết, mẹo này có vẻ khả thi. Nhưng thật không may, khi sử dụng định luật chuyển động của Newton để tính toán độ căng trên cáp, bạn thấy rằng nó lớn hơn độ bền của thép: cáp sẽ bị gãy, nên thang máy không gian là điều không thể.

Qua nhiều thập kỷ, ý tưởng về một thang máy không gian được xét lại định kỳ, vẫn bị từ chối vì lý do này. Năm 1957, nhà khoa học

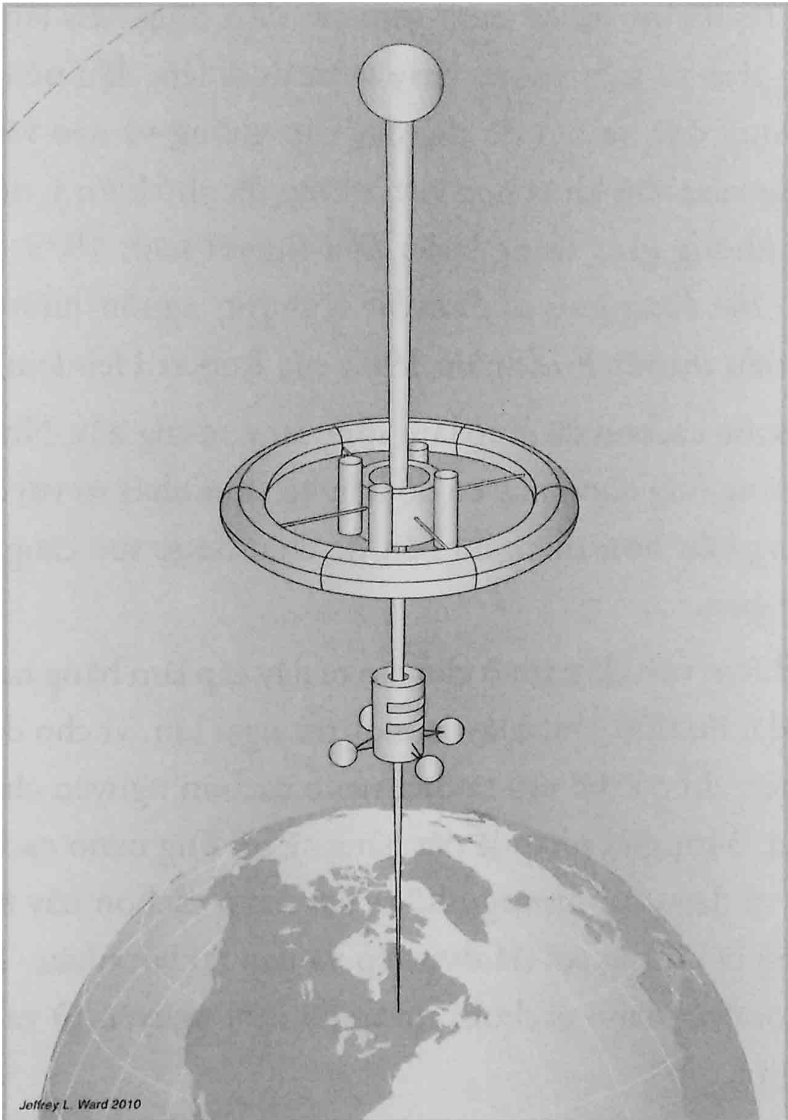
Nga Yuri Artsutanov đã đề xuất một cải tiến rằng nên lắp đặt thang máy không gian từ trên xuống thay vì từ dưới lên, đầu tiên là đưa tàu vũ trụ vào quỹ đạo và sau đó thả dây cáp xuống và neo vào Trái đất. Ngoài ra, các nhà văn khoa học viễn tưởng đã phổ biến ý tưởng về các thang máy không gian trong cuốn tiểu thuyết năm 1979 của Arthur C. Clarke, *The Fountains of Paradise* (Những nguồn nước của thiên đường) và tiểu thuyết *Frida* năm 1982 của Robert Heinlein.

Ống nano cacbon đã giúp làm sống lại ý tưởng này. Như chúng ta đã thấy, những ống nano này có độ bền kéo lớn nhất so với các vật liệu khác. Chúng bền hơn thép, đủ bền để chịu được sức căng của thang máy không gian.

Tuy nhiên, vấn đề nằm ở chỗ tạo ra dây cáp làm bằng nano cacbon tinh khiết dài 80.000 km. Đây là một trở ngại lớn, vì cho đến nay các nhà khoa học chỉ có thể tạo ra ống nano cacbon nguyên chất dài một vài xentimet. Một giải pháp là dệt hàng tỷ sợi ống nano cacbon để tạo thành tấm và dây cáp, nhưng những sợi nano cacbon này không tinh khiết; chúng là những sợi đã được ép và đan lại với nhau. Thách thức là tạo ra một ống nano cacbon, trong đó mọi nguyên tử cacbon được đặt đúng vị trí.

Năm 2009, các nhà khoa học tại Đại học Rice đã công bố một bước đột phá. Họ đã tạo ra sợi nano cacbon tuy không tinh khiết nhưng là vật liệu composite (nghĩa là chúng không thích hợp làm thang máy không gian), nhưng phương pháp của họ đủ linh hoạt để tạo ra các ống nano cacbon có chiều dài bất kỳ. Bằng phương pháp thử và sai, họ đã phát hiện ra các ống nano cacbon này có thể hòa tan trong dung dịch axit chlorosulfonic, và sau đó bắn ra khỏi vòi phun, tương tự như đầu vòi sen. Phương pháp này có thể sản xuất sợi ống nano cacbon dày 50 micromet và dài hàng trăm mét.

Một ứng dụng thương mại là sử dụng làm dây điện, vì ống nano cacbon dẫn điện tốt hơn đồng, lại nhẹ hơn, bền hơn. Giáo sư công nghệ thuộc Đại học Rice, Matteo Pasquali, cho biết: "Đối với đường



dây truyền tải, bạn cần phải có hàng tấn dây và không có phương pháp nào hiện nay cho phép tạo ra khối lượng nhiều như vậy. Chúng ta cần đến một phép lạ."

Mặc dù các loại cáp này không đủ tinh khiết để chế tạo thang máy không gian, nhưng nghiên cứu này hướng tới một ngày con người có thể phát triển các sợi nano cacbon tinh khiết, đủ bền để đưa chúng ta lên vũ trụ.

Giả sử trong tương lai con người có thể tạo ra những sợi nano cacbon nguyên chất dài, vẫn còn những vấn đề thực tiễn. Ví dụ, dây cáp sẽ vượt xa quỹ đạo của hầu hết các vệ tinh, có nghĩa là sau nhiều vòng quay quanh Trái đất, quỹ đạo của các vệ tinh cuối cùng sẽ cắt

ngang thang máy không gian. Do vệ tinh thường xuyên di chuyển với tốc độ 29.000 km/h, va chạm này có thể rất thảm khốc. Điều này có nghĩa là thang máy phải được trang bị tên lửa đặc biệt để di chuyển cáp ra khỏi đường truyền vệ tinh.

Một vấn đề khác là thời tiết nhiễu loạn, chẳng hạn như bão nhiệt đới, sấm sét và gió lớn. Thang máy không gian phải được neo vào đất, có lẽ trên một tàu sân bay hoặc dàn khoan dầu ở Thái Bình Dương, nhưng nó phải đủ linh hoạt để tránh bị hư hỏng bởi các lực lượng mạnh mẽ của thiên nhiên.

Cần phải có nút thoát khẩn cấp và thoát khỏi thang máy trong trường hợp ngắt cáp. Nếu dây cáp có vấn đề, buồng thang máy phải có khả năng lướt hoặc nhảy dù trở lại bề mặt Trái đất để cứu hành khách.

Để khởi động nghiên cứu về thang máy không gian, NASA đã phát động một số cuộc thi. Tổng số giải thưởng trị giá hai triệu đô la được trao qua Trò Chơi Thang Máy Không Gian của NASA. Theo các quy tắc của NASA, để giành chiến thắng Beam Power Challenge (Thử thách Rọi Năng lượng), bạn phải tạo ra một thiết bị nặng không quá 50 kilogram có thể leo lên một dây buộc với tốc độ hai mét mỗi giây với khoảng cách một kilômét. Điều làm cho thử thách này trở nên khó khăn là thiết bị không được phép có nhiên liệu, pin hay dây điện. Năng lượng phải được chiếu vào thiết bị từ bên ngoài.

Tôi đã có cơ hội tận mắt chứng kiến sự nhiệt tình và năng lượng của các kỹ sư nghiên cứu về thang máy không gian và mơ ước đạt được giải thưởng. Tôi đã bay tới Seattle để gặp gỡ các kỹ sư trẻ đầy tham vọng trong một nhóm có tên gọi LaserMotive. Họ đã nghe đến cuộc thi của NASA và sau đó bắt tay vào tạo ra các nguyên mẫu có thể một ngày nào đó kích hoạt thang máy không gian.

Tôi bước vào một nhà kho lớn mà họ đã thuê để thử nghiệm ý tưởng của mình. Ở một bên của nhà kho, tôi thấy một thiết bị laser mạnh, có khả năng bắn một chùm năng lượng cao. Ở phía bên kia của nhà kho, tôi thấy thang máy. Đó là một cái hộp rộng khoảng một

mét, với một tấm gương lớn. Tia laser sẽ chiếu vào gương và bị phản xạ đến một loạt các pin năng lượng mặt trời có thể biến năng lượng laser thành điện năng. Điều này sẽ kích hoạt một động cơ và buồng thang máy sẽ dần dần leo lên một sợi cáp ngắn. Bằng cách này, bạn sẽ không cần cáp điện lòng thòng từ thang máy không gian để cấp điện nữa. Bạn sẽ bắn một tia laser vào thang máy từ Trái đất và thang máy sẽ tự leo lên dây cáp.

Tia laser rất mạnh, tất cả chúng tôi đều phải đeo kính đặc biệt để bảo vệ mắt. Phải mất rất nhiều lần chạy thử, nhưng cuối cùng họ cũng có thể bắn tia laser và đưa thiết bị leo lên dây cáp. Ít nhất về mặt lý thuyết, một khía cạnh của thang máy không gian đã được giải quyết.

Ban đầu, nhiệm vụ khó khăn đến mức không ai giành được giải thưởng. Tuy nhiên, năm 2009 LaserMotive tuyên bố đã giành chiến thắng. Cuộc thi diễn ra tại Căn cứ Không quân Edwards ở Sa mạc Mojave ở California. Một chiếc trực thăng bay qua sa mạc, treo một sợi cáp dài. Đội LaserMotive đã có thể làm cho thang máy của họ leo lên cáp bốn lần trong hai ngày, với thời gian nhanh nhất là 3 phút 48 giây. Vì vậy, tất cả những vất vả của các kỹ sư trẻ mà tôi từng chứng kiến cuối cùng cũng được đền đáp.

TÀU VŨ TRỤ LIÊN SAO

Cho đến cuối thế kỷ này, mặc dù có những thất bại gần đây về tài trợ cho các nhiệm vụ không gian có người lái, các nhà khoa học có thể sẽ thiết lập các tiền đồn trên Sao Hỏa và có lẽ trong vành đai tiểu hành tinh. Tiếp theo, họ sẽ tập trung vào một ngôi sao thực sự. Mặc dù một cuộc thăm dò liên sao là ngoài tầm với của ngày hôm nay, nhưng trong vòng 100 năm tới nó có thể trở thành hiện thực.

Thách thức đầu tiên là tìm ra một hệ thống phóng mới. Đối với một tên lửa hóa học thông thường, sẽ mất khoảng 70.000 năm để tới được ngôi sao gần nhất. Ví dụ, hai phi thuyền *Voyager*, được phóng vào năm 1977, đã lập kỷ lục thế giới cho một vật thể được gửi vào không

gian sâu. Chúng hiện ở khoảng 16 tỷ kilômét trong không gian nhưng đó chỉ có một phần rất nhỏ của quãng đường đến tới các ngôi sao.

Một số mẫu thiết kế và hệ thống phóng đã được đề xuất cho một tàu vũ trụ liên sao:

- buồm mặt trời
- tên lửa hạt nhân
- động cơ phản lực dòng thẳng nhiệt hạch
- tàu vũ trụ nano

Tôi đã có cơ hội gặp gỡ một trong những người có tầm nhìn về công nghệ buồm mặt trời khi đến thăm Trạm Plum Brook của NASA ở Cleveland, Ohio. Ở đó, các kỹ sư đã xây dựng buồng chân không lớn nhất thế giới để kiểm tra vệ tinh không gian. Căn phòng thực sự như một hang động: rộng 30 m và cao 37 m, đủ rộng để chứa một số tòa nhà chung cư cao cấp và đủ lớn để thử nghiệm các bộ phận vệ tinh và tên lửa trong chân không vũ trụ. Bước vào phòng, tôi cảm thấy bị choáng ngợp bởi sự khổng lồ của dự án. Nhưng tôi cũng cảm thấy vinh dự khi được đi lại trong căn phòng nơi rất nhiều vệ tinh, đầu dò, và tên lửa mang dấu ấn lịch sử của Mỹ đã được thử nghiệm.

Ở đó, tôi đã gặp một trong những người khởi xướng hàng đầu công nghệ buồm mặt trời, nhà khoa học NASA Les Johnson. Ông nói với tôi từ khi còn là một đứa trẻ đọc truyện khoa học viễn tưởng, ông đã mơ ước chế tạo một tên lửa có thể tới được các vì sao. Johnson thậm chí còn viết sách giáo khoa về cánh buồm mặt trời. Mặc dù nghĩ nó có thể thành hiện thực trong vòng một vài thập kỷ nhưng ông cũng hiểu rằng phi thuyền không gian thực sự có thể chưa được xây dựng ngay cả khi ông đã qua đời từ lâu. Giống như những thợ đã xây dựng nhà thờ lớn thời Trung Cổ, Johnson nhận ra rằng có thể mất nhiều đời người để xây dựng một con tàu có khả năng tiếp cận các vì sao.

Cánh buồm mặt trời tận dụng một lợi thế là mặc dù ánh sáng không có khối lượng nhưng lại có động lượng và do đó có thể tạo ra áp

lực. Mặc dù áp lực ánh sáng từ Mặt trời cực kỳ nhỏ, quá nhỏ để bàn tay ta có thể cảm nhận được, nó đủ để đẩy một phi thuyền nếu cánh buồm đủ lớn và chúng ta chờ đợi đủ lâu. (Cường độ ánh sáng mặt trời trong không gian gấp tám lần so với trên Trái đất.)

Johnson nói với tôi rằng mục tiêu của ông là tạo ra một cánh buồm mặt trời khổng lồ, làm bằng nhựa rất mỏng nhưng đàn hồi. Các cánh buồm sẽ rộng vài kilômét và được xây dựng ngoài không gian. Sau khi lắp ráp, nó sẽ từ từ xoay quanh Mặt trời, động lượng ngày càng tăng khi nó di chuyển. Sau vài năm quay quanh Mặt trời, cánh buồm sẽ vượt ra khỏi Hệ Mặt trời và hướng đến các vì sao. Ông nói với tôi một chiếc buồm mặt trời như vậy có thể gửi một đầu dò với tốc độ 0,1% tốc độ ánh sáng và có lẽ đến được ngôi sao gần nhất trong 400 năm.

Nhằm giảm bớt thời gian cần thiết để tới được các ngôi sao, Johnson đã tìm cách để tăng thêm sức mạnh cho cánh buồm mặt trời. Một khả năng là đặt một chùm laser khổng lồ lên Mặt trăng. Các chùm tia laser sẽ chiếu vào cánh buồm và cung cấp thêm động lượng để nó lái đến các vì sao.

Vấn đề với tàu vũ trụ buồm mặt trời là rất khó để dừng lại và đảo ngược, vì ánh sáng di chuyển theo hướng từ Mặt trời ra ngoài. Một khả năng là chạy ngược hướng của cánh buồm và sử dụng áp suất ánh sáng của ngôi sao đích để làm chậm tàu vũ trụ. Một khả năng khác là đi vòng quanh ngôi sao xa xôi, sử dụng lực hấp dẫn của ngôi sao để tạo ra hiệu ứng hỗ trợ cho chuyến đi trở về. Và một khả năng khác là hạ cánh trên một vệ tinh, tạo chùm laser, rồi quay trở lại bằng ánh sáng của ngôi sao và tia laser từ vệ tinh.

Mặc dù Johnson có những giấc mơ vĩ đại nhưng ông nhận ra thực tế khiêm tốn hơn nhiều. Vào năm 1993, người Nga đã triển khai tấm phản xạ Mylar 18 m ngoài không gian từ trạm không gian Mir, nhưng điều này chỉ mang tính thử nghiệm. Nỗ lực thứ hai thất bại. Năm 2004, người Nhật đã phóng thành công hai nguyên mẫu buồm mặt trời, nhưng một lần nữa đó là thử nghiệm triển khai, không phải

là động cơ đẩy. Năm 2005, một nỗ lực đầy tham vọng của Planetary Society, Cosmos Studios và Học viện Khoa học Nga nhằm triển khai một chiếc buồm mặt trời thực sự có tên Cosmos 1. Nó được phóng từ một tàu ngầm Nga. Tuy nhiên, tên lửa Volna phóng không thành công và không đạt được quỹ đạo. Và trong năm 2008, một nhóm từ NASA đã cố gắng phóng lên một cánh buồm mặt trời có tên gọi NanoSail-D, nhưng nó đã bị mất khi tên lửa Falcon 1 thất bại.

Cuối cùng, vào tháng 5 năm 2010, Cơ quan thăm dò vũ trụ Nhật Bản đã phóng thành công IKAROS, phi thuyền đầu tiên sử dụng công nghệ buồm mặt trời trong không gian liên hành tinh. Nó gồm một cánh buồm hình vuông, đường chéo 20 m và sử dụng cơ chế buồm mặt trời để di chuyển đến Sao Kim. Người Nhật cuối cùng hy vọng sẽ gửi một con tàu khác đến Sao Mộc bằng động cơ đẩy buồm mặt trời.

TÊN LỬA HẠT NHÂN

Các nhà khoa học cũng đã xem xét sử dụng năng lượng hạt nhân để phóng tàu vũ trụ. Từ năm 1953, Ủy ban Năng lượng Nguyên tử bắt đầu xem xét nghiêm túc tính khả thi của các tên lửa mang theo các lò phản ứng hạt nhân, bắt đầu với Dự án Rover. Trong những năm 1950 và 1960, các thí nghiệm với tên lửa hạt nhân chủ yếu kết thúc trong thất bại. Chúng có xu hướng không ổn định và quá khó xử lý. Ngoài ra, người ta có thể dễ dàng nhận ra một lò phản ứng phân hạch thông thường không thể sản xuất đủ năng lượng cho một tàu liên sao. Một nhà máy điện hạt nhân điển hình tạo ra khoảng một tỷ watt điện, không đủ để tới được các ngôi sao.

Nhưng vào những năm 1950, các nhà khoa học đã đề xuất sử dụng bom nguyên tử và bom hydro, thay vì lò phản ứng, để phóng tàu. Chẳng hạn, Dự án Orion đã đề xuất một tên lửa phóng nhờ một loạt các vụ nổ hạt nhân từ một luồng bom nguyên tử. Một tàu vũ liên sao sẽ thả một loạt bom nguyên tử ra sau, tạo ra một loạt các vụ nổ tia X mạnh mẽ. Sóng xung kích từ đó sẽ phóng con tàu lên phía trước.

Năm 1959, các nhà vật lý tại General Atomics ước tính rằng phiên bản Orion tiên tiến sẽ nặng tám triệu tấn, đường kính 400 m và được phóng đi nhờ 1.000 quả bom hydro.

Một người hăng hái khởi xướng dự án Orion, nhà vật lý Freeman Dyson, đã nói: "Với tôi, Orion sẽ mở ra toàn bộ Hệ Mặt trời và thay đổi lịch sử." Đây cũng sẽ là cách thuận tiện để loại bỏ bom nguyên tử. "Cứ mỗi chuyến đi, chúng ta sẽ loại bỏ được 2.000 quả bom."

Tuy nhiên, Hiệp ước Cấm Thử Hạt nhân năm 1963 đã giết chết Dự án Orion, hiệp ước này cấm thử vũ khí hạt nhân trên mặt đất. Không có thử nghiệm, các nhà vật lý không thể tinh chỉnh thiết kế của Orion, và ý tưởng này đã chết.

ĐỘNG CƠ PHẢN LỰC DÒNG THẲNG BẰNG NHIỆT HẠCH

Năm 1960 Robert W. Bussard đã đưa ra đề xuất về một tên lửa hạt nhân; ông hình dung ra một động cơ nhiệt hạch tương tự như một động cơ phản lực thông thường. Một động cơ phản lực dòng thẳng (ramjet) sẽ hút không khí ở phía trước rồi trộn nó với nhiên liệu bên trong. Bằng cách đốt cháy hỗn hợp không khí và nhiên liệu, một vụ nổ hóa học xảy ra tạo ra lực đẩy. Ông đã hình dung áp dụng cùng một nguyên tắc cơ bản cho một động cơ nhiệt hạch. Thay vì hút không khí, động cơ phản lực dòng thẳng nhiệt hạch sẽ hút khí hydro, được tìm thấy ở mọi nơi giữa các vì sao. Khí hydro sẽ được nén và đun nóng bằng điện và từ trường cho đến khi hợp nhất thành heli, giải phóng một lượng năng lượng khổng lồ. Quá trình này sẽ tạo ra một vụ nổ, sau đó tạo ra lực đẩy. Vì không gian sâu là nguồn cung cấp hydro vô tận, nên động cơ phản lực dòng thẳng nhiệt hạch có thể vận hành mãi mãi.

Thiết kế tên lửa phản lực dòng thẳng bằng nhiệt hạch trông giống như hình kem ốc quế. Các muỗng bẫy khí hydro, chuyển đến động cơ để đun nóng và hợp nhất với các nguyên tử hydro khác. Bussard tính toán rằng nếu động cơ phản lực 1.000 tấn có thể duy trì gia tốc 9,75 m/s^2 (tương đương gia tốc hấp dẫn trên Trái đất), thì nó sẽ đạt 77%

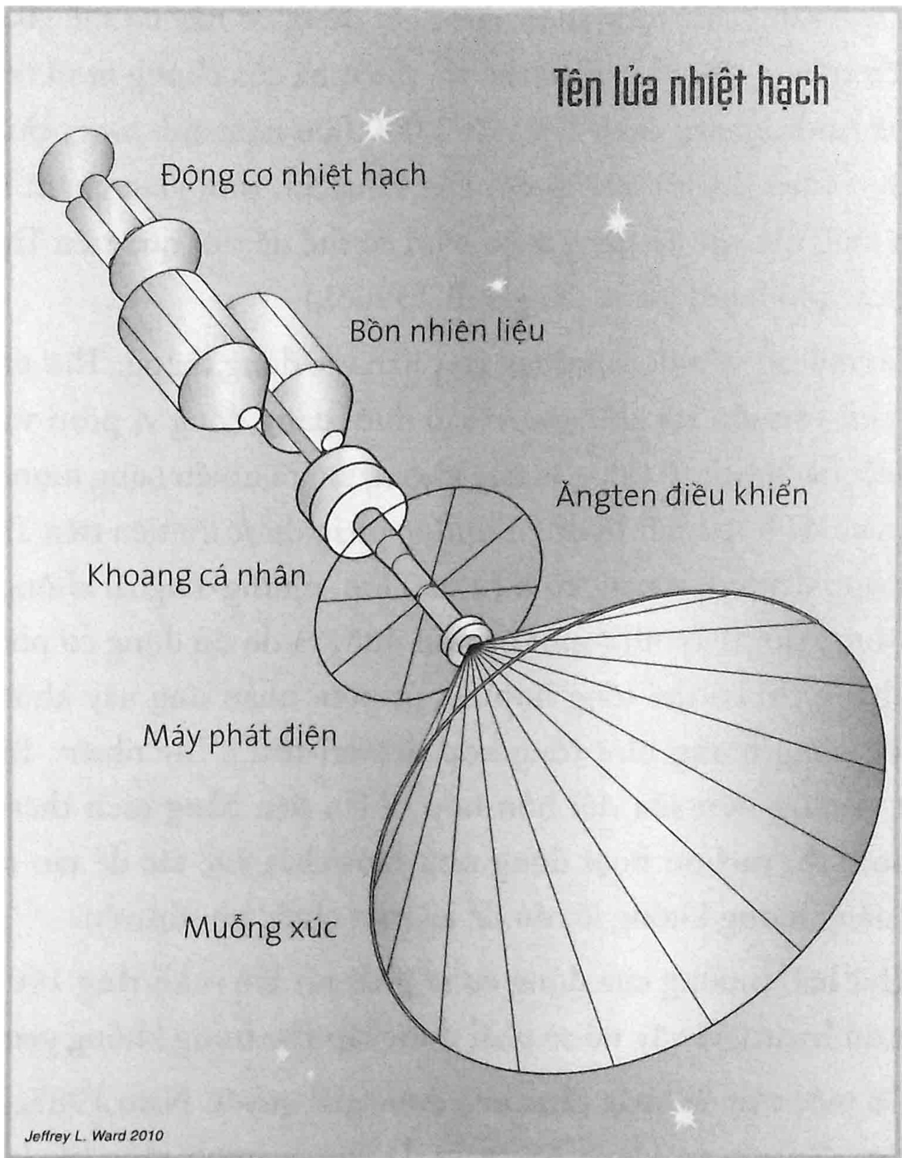
tốc độ ánh sáng chỉ trong một năm. Do động cơ này có thể chạy mãi mãi, nên trên lý thuyết, nó có thể rời thiên hà của chúng ta và tiếp cận thiên hà Andromeda, cách Trái đất 2.000.000 năm ánh sáng, chỉ trong 23 năm. (Theo thuyết tương đối của Einstein, thời gian chậm lại khi tên lửa tăng tốc, vì vậy hàng triệu năm có thể đã trôi qua trên Trái đất, nhưng các phi hành gia sẽ chỉ già đi 23 tuổi.)

Có một số vấn đề với động cơ phản lực dòng thẳng. Thứ nhất, vì hydro chủ yếu tồn tại giữa các vì sao dưới dạng đồng vị proti và phản ứng nhiệt hạch heli từ đồng vị này không tạo ra nhiều năng lượng. (Có nhiều cách để hợp nhất hydro. Phương pháp được ưu tiên trên Trái đất là tổng hợp deuteri và triti, có hiệu suất lớn, nhưng ở ngoài không gian, hydro được tìm thấy như một proton đơn, và do đó động cơ phản lực dòng thẳng chỉ có thể tổng hợp các proton, phản ứng này không tạo ra nhiều năng lượng như tổng hợp deuteri-triti.) Tuy nhiên, Bussard đã chỉ ra rằng nếu sửa đổi hỗn hợp nhiên liệu bằng cách thêm một ít cacbon, thì cacbon hoạt động như một chất xúc tác để tạo ra một lượng năng lượng khổng lồ, đủ để lái một chiếc phi thuyền.

Thứ hai, muỗng của động cơ sẽ phải rất lớn – khoảng 160 km – để thu đủ hydro, vì vậy nó sẽ phải được lắp ráp trong không gian.

Có một vấn đề khác vẫn chưa được giải quyết. Năm 1985, các kỹ sư Robert Zubrin và Dana Andrews đã chứng minh rằng lực kéo của động cơ phản lực dòng thẳng sẽ đủ lớn để ngăn nó tăng tốc tới gần tốc độ ánh sáng. Lực kéo này được tạo ra bởi sức cản khi tàu vũ trụ di chuyển trong một môi trường chứa đầy nguyên tử hydro. Tuy nhiên, tính toán của họ dựa nhiều vào một số giả định có thể không đúng cho các thiết kế động cơ phản lực dòng thẳng của tương lai.

Nếu không nắm chắc quá trình nhiệt hạch (cũng như hiệu ứng kéo từ các ion trong không gian), thì động cơ phản lực dòng thẳng nhiệt hạch vẫn còn trên bàn giấy. Nhưng nếu giải quyết được các vấn đề kỹ thuật này, tên lửa phản lực dòng thẳng nhiệt hạch chắc chắn sẽ là một lựa chọn.



Một động cơ phản lực dòng thẳng nhiệt hạch, do nó hút hydro trong không gian liên sao nên trên lý thuyết, nó có thể chạy mãi mãi.

TÊN LỬA PHẢN VẬT CHẤT

Một khả năng khác biệt là sử dụng nguồn năng lượng lớn nhất trong vũ trụ, phản vật chất, để cung cấp năng lượng cho tàu không gian. Phản vật chất có điện tích trái dấu với vật chất tương ứng; ví dụ, một electron có điện tích âm, nhưng phản electron (positron) có điện tích dương. Khi phản vật chất tiếp xúc với vật chất tương ứng, chúng sẽ tự

triệt tiêu nhau và giải phóng năng lượng. Trên thực tế, một thìa phản vật chất có đủ năng lượng để phá hủy toàn bộ siêu đô thị New York.

Phản vật chất mạnh đến mức những nhân vật phản diện trong tiểu thuyết *Angels and Demons* (Thiên thần và Ác quỷ) của Dan Brown có ý định đặt một quả bom ở Vatican bằng cách sử dụng phản vật chất lấy cắp từ CERN, Geneva, Thụy Sĩ. Không như bom hydro, vốn chỉ có 1% hiệu suất, một quả bom phản vật chất sẽ có hiệu suất 100%, chuyển hóa vật chất thành năng lượng thông qua phương trình của Einstein $E = mc^2$.

Về nguyên tắc, phản vật chất là nhiên liệu tên lửa lý tưởng cho một tàu vũ liên sao. Gerald Smith thuộc Đại học bang Pennsylvania ước tính rằng 4 milligram phản vật chất sẽ đưa chúng ta đến Sao Hỏa, và có lẽ 100 gram sẽ đưa chúng ta đến các ngôi sao gần đó. Với cùng khối lượng, nó giải phóng năng lượng nhiều hơn một tỷ lần so với nhiên liệu tên lửa. Một động cơ phản vật chất trông khá đơn giản. Bạn chỉ cần thả một dòng ổn định các hạt phản vật chất xuống buồng tên lửa, nơi nó kết hợp với vật chất thông thường và gây ra một vụ nổ khổng lồ. Năng lượng bắn ra ở một đầu của buồng chứa, tạo ra lực đẩy.

Chúng ta vẫn còn xa giấc mơ đó. Cho đến nay, các nhà vật lý mới chỉ tạo ra được các phản electron và phản proton, cũng như các phản hydro, với các electron quay xung quanh các phản proton. Điều này được thực hiện tại CERN và tại Phòng thí nghiệm gia tốc quốc gia Fermi (Fermilab), trong Tevatron, máy gia tốc hạt lớn thứ hai trên thế giới (chỉ đứng sau máy gia tốc hạt lớn LHC ở CERN). Các nhà vật lý ở cả hai phòng thí nghiệm bắn một chùm các hạt năng lượng cao vào mục tiêu, tạo ra một cơn mưa mảnh vụn chứa các phản proton. Nam châm mạnh được sử dụng để tách phản vật chất khỏi vật chất thông thường. Những phản proton này sau đó bị làm chậm lại và kết hợp với các phản electron, tạo ra các phản hydro.

Dave McGinnis, một nhà vật lý ở Fermilab đã suy nghĩ kỹ về tính thực tiễn của phản vật chất. Khi đứng cạnh Tevatron, ông giải thích

cho tôi những vấn đề kinh tế tốn kém của phản vật chất. Ông nhấn mạnh rằng cách duy nhất để tạo ra một lượng phản vật chất ổn định là sử dụng một máy gia tốc hạt như Tevatron; những máy này cực kỳ tốn kém và chỉ tạo ra một lượng nhỏ phản vật chất. Ví dụ, năm 2004, máy gia tốc hạt tại CERN sản xuất vài phần nghìn tỷ của một gram phản vật chất với chi phí 20 triệu USD. Với tỷ lệ này, nó sẽ tạo ra lượng phản vật chất cung cấp năng lượng cho một tàu vũ liên sao, đủ sức phá vỡ toàn bộ nền kinh tế của Trái đất. Ông nhấn mạnh với tôi, động cơ phản vật chất không phải chuyện xa vời. Chúng chắc chắn tồn tại trong các định luật vật lý. Nhưng chi phí xây dựng sẽ cản trở sự xuất hiện của các động cơ này trong tương lai gần.

Một lý do phản vật chất cực kỳ tốn kém là bởi các máy gia tốc hạt dùng để sản xuất nó nổi tiếng là đắt đỏ. Tuy nhiên, chúng lại là máy đa năng, được thiết kế chủ yếu để tạo ra các hạt hạ nguyên tử lạ, không phải để tạo ra các hạt phản vật chất phổ biến hơn. Chúng là những công cụ nghiên cứu, không phải máy móc thương mại. Chi phí có thể giảm xuống đáng kể nếu thiết kế một loại máy gia tốc hạt mới nhằm tạo ra một lượng phản vật chất dồi dào. Sau đó, bằng cách sản xuất hàng loạt các máy này, có thể tạo ra một lượng lớn phản vật chất. Harold Gerrish của NASA tin rằng chi phí của phản vật chất cuối cùng có thể giảm xuống còn 5.000 đô la cho mỗi microgram.

Một khả năng khác là tìm kiếm thiên thạch phản vật chất ở ngoài không gian. Nếu được tìm thấy, nó có thể cung cấp đủ năng lượng để vận hành tàu liên sao. Trên thực tế, vệ tinh của châu Âu PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics) đã được phóng vào năm 2006 nhằm tìm kiếm phản vật chất tồn tại tự nhiên ngoài không gian.

Nếu tìm thấy lượng lớn phản vật chất trong không gian, người ta có thể hình dung sử dụng lưới điện từ lớn để thu thập chúng.

Vì vậy, mặc dù các tên lửa liên sao phản vật chất chắc chắn nằm trong các định luật vật lý, nhưng có thể phải đến cuối thế kỷ này mới

giảm được chi phí. Nhưng nếu thực hiện thành công thì tên lửa phản vật chất sẽ là một lựa chọn cho các con tàu liên sao.

TÀU VŨ TRỤ NANO

Choáng ngợp bởi những hiệu ứng đặc biệt trong phim *Chiến tranh giữa các vì sao* hay *Du hành giữa các vì sao*, chúng ta lập tức hình dung ra một lượng lớn các tàu liên sao tương lai được tích hợp với mọi tiện ích công nghệ cao mới nhất. Tuy nhiên, một khả năng khác là sử dụng công nghệ nano để tạo ra các tàu liên sao nhỏ, có lẽ không lớn hơn một cái đe, một cây kim hoặc thậm chí nhỏ hơn. Chúng ta thường mặc định rằng một tàu liên sao phải lớn, giống như *Enterprise*, và có khả năng hỗ trợ một đội phi hành gia. Nhưng các chức năng thiết yếu của một tàu liên sao có thể được thu nhỏ bằng công nghệ nano sao cho có lẽ hàng triệu tàu cỡ nano (nanoship) nhỏ xíu có thể được phóng lên các ngôi sao gần đó, chỉ một phần nhỏ trong số đó thực sự đến được các ngôi sao. Khi đến một vệ tinh gần đó, chúng có thể xây dựng một nhà máy để tạo ra những bản sao tàu vũ trụ cỡ nano không giới hạn.

Vint Cerf, một trong những người đầu tiên tạo ra Internet, hình dung những con tàu vũ trụ cỡ nano nhỏ bé có thể khám phá không chỉ Hệ Mặt trời mà cả các ngôi sao. Ông nói: "Việc khám phá Hệ Mặt trời sẽ được thực hiện hiệu quả hơn thông qua việc xây dựng các thiết bị có kích thước nano nhỏ nhưng mạnh mẽ sẽ dễ dàng vận chuyển và phân phối trên bề mặt, bên dưới bề mặt và vào khí quyển của các hành tinh lân cận và vệ tinh... Người ta thậm chí có thể mở rộng những khả năng này để khám phá các hệ sao."

Trong tự nhiên, động vật có vú chỉ sinh một vài con và giữ cho tất cả sống sót. Côn trùng sinh nhiều trứng nhưng chỉ một phần nhỏ sống sót. Cả hai chiến lược có thể giữ cho loài sống trong hàng triệu năm. Tương tự như vậy, thay vì gửi một tàu sân bay đắt tiền, duy nhất đến các ngôi sao, người ta có thể gửi hàng triệu tàu liên sao tí hon với chi phí mỗi tàu không đáng kể và cần rất ít nhiên liệu tên lửa.

Khái niệm này bắt chước một chiến lược rất thành công trong tự nhiên: bầy đàn. Chim, ong và các loài động vật bay khác bay theo đàn hoặc bầy. Không chỉ giữ an toàn về số lượng mà cả đàn cũng hoạt động như một hệ thống cảnh báo sớm. Nếu một phần của đàn gặp nguy hiểm, như bị động vật ăn thịt tấn công, thông điệp nhanh chóng được chuyển tiếp đến phần còn lại của đàn. Chiến lược này cũng khá hiệu quả về năng lượng. Khi chim bay theo hình chữ V đặc trưng, đội hình này tạo ra vùng khí nhiễu động giúp tiết kiệm sức khi bay.

Các nhà khoa học mô tả một bầy đàn như một "siêu sinh vật", dường như có trí thông minh riêng, độc lập với khả năng của bất kỳ cá nhân nào trong đàn. Ví dụ, kiến có một hệ thống thần kinh rất đơn giản và một bộ não nhỏ bé, nhưng cùng nhau chúng có thể tạo ra những tổ kiến phức tạp. Các nhà khoa học hy vọng sẽ áp dụng một số bài học này từ tự nhiên bằng cách thiết kế các đàn robot (swarm-bot) có thể đi đến các hành tinh và ngôi sao khác vào một ngày nào đó.

Điều này tương tự như ý tưởng giả định về bụi thông minh đang được Lầu Năm Góc theo đuổi: hàng tỷ hạt được gửi vào không khí, mỗi hạt có các cảm biến nhỏ để trinh sát. Mỗi cảm biến không cần quá thông minh, nhưng khi kết hợp lại, chúng có thể chuyển tiếp hàng núi thông tin. DARPA của Lầu Năm Góc đã tài trợ nghiên cứu này cho các ứng dụng quân sự, chẳng hạn theo dõi vị trí của đối phương. Năm 2007 và 2009, Không quân Hoa Kỳ đã phát hành các bài báo chi tiết về kế hoạch trong những thập kỷ tới, phác họa mọi thứ từ các phiên bản Predator tiên tiến (hiện nay có giá 4,5 triệu đô la) đến các bầy đàn cảm biến giá rẻ với kích thước nhỏ hơn con ngài.

Các nhà khoa học cũng quan tâm đến ý tưởng này. Họ có thể muốn phun bụi thông minh để theo dõi tức thời hàng ngàn địa điểm trong cơn bão nhiệt đới, dông bão, phun trào núi lửa, động đất, lũ lụt, cháy rừng và các hiện tượng tự nhiên khác. Ví dụ, trong phim *Twister* (Cơn lốc xoáy), một nhóm những kẻ săn bão mạo hiểm mạng sống để đặt các cảm biến xung quanh một cơn lốc xoáy. Điều này không hiệu

quả lắm. Thay vì một vài nhà khoa học đặt một vài cảm biến trong một vụ phun trào núi lửa hay lốc xoáy để đo nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ gió, bụi thông minh có thể cung cấp cho bạn dữ liệu từ hàng ngàn vị trí khác nhau cùng lúc trên hàng trăm kilômét. Khi được đưa vào máy tính, dữ liệu này có thể ngay lập tức cung cấp cho bạn thông tin ba chiều tức thời về sự tiến triển của một cơn bão hoặc núi lửa phun trào. Nhiều liên doanh thương mại đã tiếp thị những cảm biến nhỏ bé này, một số cảm biến có kích thước không lớn hơn mũi kim.

Một ưu điểm khác của tàu vũ trụ nano là chúng đòi hỏi rất ít nhiên liệu để phóng vào không gian. Thay vì sử dụng tên lửa đẩy rất lớn có thể đạt được vận tốc 40.000 km/h, gửi các vật siêu nhỏ vào không gian với vận tốc đáng kinh ngạc sẽ là chuyện dễ dàng. Trên thực tế, rất dễ gửi các hạt hạ nguyên tử gần tốc độ ánh sáng bằng điện trường thông thường.

Những hạt nano này mang điện tích nhỏ và có thể dễ dàng tăng tốc bằng điện trường. Thay vì sử dụng các nguồn lực khổng lồ để gửi một tàu thăm dò lên một vệ tinh hay một hành tinh khác, một tàu thăm dò đơn lẻ có thể có khả năng tự tái tạo, và do đó tạo ra toàn bộ nhà máy hoặc thậm chí là cơ sở Mặt trăng. Những tàu thăm dò tự tái tạo này sau đó có thể phóng đi khám phá các thế giới khác. (Vấn đề là cần tạo ra tàu thăm dò nano tự tái tạo đầu tiên, điều này vẫn còn nằm trong tương lai xa.)

Năm 1980, NASA đã nghiêm túc cân nhắc ý tưởng vệ tinh thăm dò không người lái tự tái tạo để nhóm họp một nghiên cứu đặc biệt, có tên gọi Tự động hóa Tiên tiến cho Sứ mệnh Không gian, được tiến hành tại Đại học Santa Clara và xem xét một số lựa chọn. Một trong những khả năng được cân nhắc là gửi các robot nhỏ, tự sao chép lên Mặt trăng. Ở đó, robot sẽ sử dụng đất và tạo ra các bản sao robot không giới hạn.

Hầu hết các báo cáo đều mô tả chi tiết việc xây dựng một nhà máy hóa chất để xử lý đá mặt trăng (gọi là regolith). Ví dụ, các robot có

thể hạ cánh trên Mặt trăng, tự tháo rời, sau đó sắp xếp lại các bộ phận để tạo ra một nhà máy mới, giống như một robot biến hình đồ chơi. Ví dụ, robot có thể tạo ra các gương cầu lớn để tập trung ánh sáng mặt trời và bắt đầu làm tan chảy các regolith. Sau đó, nó sẽ sử dụng axit hydrofluoric để bắt đầu xử lý các regolith để trích xuất các khoáng chất và kim loại có thể sử dụng được. Các kim loại sau đó có thể được sử dụng để xây dựng căn cứ trên Mặt trăng. Cuối cùng, robot sẽ xây dựng một nhà máy nhỏ để tự tái tạo.

Năm 2002, dựa trên báo cáo này, Viện Ý tưởng Cao cấp của NASA bắt đầu tài trợ một loạt các dự án dựa trên những robot tự tái tạo. Một nhà khoa học đã cân nhắc nghiêm túc đề xuất về tàu vũ trụ trên một con chip là Mason Peck của Đại học Cornell.

Tôi từng đến thăm Peck tại phòng thí nghiệm, nơi bạn có thể thấy bàn làm việc vương vãi các bộ phận chuẩn bị đưa vào quỹ đạo. Bên cạnh bàn làm việc của ông là một căn phòng nhỏ, sạch sẽ, với những bức tường phủ nhựa, nơi những bộ phận vệ tinh tinh tế được lắp ráp.

Ông hình dung về thăm dò không gian hoàn toàn khác với các bộ phim Hollywood. Ông hình dung một vi mạch, kích thước một xentimet và nặng một gram, có thể tăng tốc từ 1 đến 10% tốc độ ánh sáng. Ông tận dụng lợi thế của hiệu ứng súng hỗ trợ hấp dẫn mà NASA sử dụng để phóng tàu vũ trụ đến vận tốc rất lớn. Thao tác hỗ trợ hấp dẫn này yêu cầu tàu vũ trụ di chuyển quanh một hành tinh, giống như một viên đá nhỏ được bắn đi từ súng cao su, do đó sử dụng trọng lực của hành tinh để tăng tốc tàu vũ trụ.

Nhưng thay vì lực hấp dẫn, Peck muốn sử dụng lực từ. Ý tưởng của ông là phóng một con tàu vũ trụ vi mạch đi quanh từ trường của Sao Mộc, lớn hơn 20.000 lần so với từ trường của Trái đất. Ông còn có kế hoạch tăng tốc độ tàu nano bằng chính lực từ được sử dụng để bắn các hạt hạ nguyên tử tới hàng nghìn tỷ electron vôn trong các máy gia tốc hạt.

Ông cho tôi xem một con chip mẫu mà có thể được phóng lên quỹ đạo quanh Sao Mộc. Đó là một hình vuông nhỏ, nhỏ hơn ngón tay, được tích hợp với mạch điện khoa học. Tàu vũ trụ của ông khá đơn giản. Ở một bên của con chip, có một pin năng lượng mặt trời để cung cấp năng lượng cho việc truyền thông tin. Ở phía bên kia, có một máy phát vô tuyến, camera và các cảm biến khác. Thiết bị không có động cơ, vì nó chỉ sử dụng từ trường của Sao Mộc để đẩy. (Viện Ý tưởng Cao cấp của NASA, đã tài trợ cho đề xuất này và các đề xuất cải tiến khác cho chương trình không gian kể từ năm 1998, không may đã bị đóng vào năm 2007 do cắt giảm ngân sách).

Hình dung về tàu liên sao của Peck lấy hình mẫu từ mô hình tàu liên sao thường thấy trong khoa học viễn tưởng, nơi những phi thuyền khổng lồ được điều khiển bởi các phi hành đoàn táo bạo. Ví dụ, nếu thiết lập một căn cứ trên vệ tinh của Sao Mộc, thì những con chip nhỏ bé này có thể được bắn vào quỹ đạo quanh hành tinh khổng lồ đó. Nếu dàn pháo laser cũng được xây dựng trên vệ tinh này, thì những con chip này có thể được tăng tốc bằng cách bắn laser vào chúng, tăng vận tốc của chip cho đến khi đạt tới một phần tốc độ ánh sáng.

Sau đó tôi hỏi ông một câu đơn giản: Liệu có thể giảm kích thước chip xuống kích thước phân tử bằng công nghệ nano không? Sau đó, thay vì sử dụng từ trường của Sao Mộc để tăng tốc các con chip này, ta có thể sử dụng các máy gia tốc hạt đặt trên Mặt trăng để bắn các tàu thăm dò có kích thước phân tử ở gần tốc độ ánh sáng. Ông cho đây cũng là một khả năng nhưng vẫn chưa tìm hiểu kỹ.

Vì vậy, chúng tôi lấy một tờ giấy và cùng nhau bắt đầu viết ra các phương trình cho phương án này. (Đây là cách chúng tôi, những người làm khoa học, tương tác với nhau bằng cách viết ra các phương trình trên bảng đen, giấy trắng để giải quyết vấn đề.) Chúng tôi đã viết các phương trình lực Lorentz, mà Peck sử dụng để tăng tốc các con chip của ông xung quanh Sao Mộc, nhưng sau đó chúng tôi đã giảm số lượng chip xuống kích thước phân tử và đặt chúng vào một

máy gia tốc giả thuyết tương tự như Máy gia tốc hạt Lớn tại CERN. Chúng tôi có thể nhanh chóng thấy rằng các phương trình cho phép một chiếc tàu nano như vậy tăng tốc tới gần với tốc độ ánh sáng, chỉ sử dụng một máy gia tốc hạt thông thường đặt trên Mặt trăng. Do đã giảm kích thước tàu vũ trụ từ một con chip xuống còn một phân tử, chúng tôi có thể giảm kích thước của máy gia tốc từ kích thước của Sao Mộc đến một máy gia tốc hạt thông thường. Có vẻ như ý tưởng này là một khả năng thực sự.

Nhưng sau khi phân tích các phương trình, cả hai chúng tôi đều đồng ý rằng vấn đề duy nhất là sự ổn định của các tàu nano tinh tế này. Liệu gia tốc cuối cùng có thể tách các phân tử này ra xa nhau không? Giống như một quả bóng xoay quanh một sợi dây, những phân tử này sẽ chịu lực ly tâm khi chúng được tăng tốc tới gần tốc độ ánh sáng. Ngoài ra, các phân tử này sẽ tích điện, do đó các lực điện thậm chí có thể tách chúng ra xa nhau. Cả hai chúng tôi đều kết luận rằng các tàu vũ trụ nano là một khả năng nhất định, nhưng có thể phải mất hàng thập kỷ nghiên cứu để giảm kích thước các con chip của Peck xuống cỡ một phân tử và gia cố để chúng không tan rã khi tăng tốc tới gần tốc độ ánh sáng.

Như vậy, giấc mơ của Mason Peck là gửi một đàn chip đến ngôi sao gần nhất, hy vọng rằng một số chip trong số đó thực sự tới được không gian liên sao. Nhưng chúng sẽ làm gì khi đến đích?

Đây là lĩnh vực nghiên cứu của Pei Zhang thuộc Đại học Carnegie Mellon ở Thung lũng Silicon. Ông đã tạo ra một hạm đội trực thăng mini mà có thể một ngày nào đó bay lên một hành tinh khác. Ông tự hào chỉ cho tôi hạm đội của mình, giống như máy bay trực thăng đồ chơi. Nhưng mọi thứ có thể không như vẻ bề ngoài. Tôi có thể thấy rằng ở giữa mỗi máy bay mini là một con chip tích hợp với mạch điện phức tạp. Chỉ cần ấn nút, ông phóng bốn hạm đội vào không trung, để chúng bay theo mọi hướng và gửi lại thông tin. Chẳng mấy chốc, tôi bị vây quanh bởi các hạm đội robot.

Ông nói với tôi mục đích của các hạm đội này là cung cấp sự trợ giúp cốt yếu trong các trường hợp khẩn cấp, như hỏa hoạn và các vụ nổ, bằng cách thăm dò và giám sát. Cuối cùng, những hạm đội này có thể được trang bị camera và cảm biến để nhận biết nhiệt độ, áp suất, hướng gió... những thông tin quan trọng trong trường hợp khẩn cấp. Hàng ngàn hạm đội có thể được cử đến chiến trường, hỏa hoạn hoặc thậm chí là địa hình ngoài Trái đất. Những hạm đội này cũng liên lạc với nhau. Nếu một trong số chúng va vào chướng ngại vật, nó sẽ truyền thông tin đến các hạm đội khác.

Vì vậy, một hình dung về du lịch vũ trụ có thể là hàng ngàn chip giá rẻ, dùng một lần do những người như Mason Peck phát minh ra được bắn vào ngôi sao gần nhất với tốc độ gần tốc độ ánh sáng. Khi một số chip đến đích, chúng mọc cánh và bay trên địa hình ngoài hành tinh, giống như hạm đội robot bay của Pei Zhang. Sau đó, chúng sẽ phát thông tin trở lại Trái đất. Một khi các hành tinh đầy hứa hẹn được tìm thấy, thế hệ thứ hai của các hạm đội có thể được gửi đến để tạo ra các nhà máy trên các hành tinh này, sau đó tạo thêm các bản sao, sau đó bay đến ngôi sao kế tiếp. Cứ như vậy, quá trình tiếp tục vô hạn.

DI DỜI KHỎI TRÁI ĐẤT?

Đến năm 2100, chúng ta có thể gửi các phi hành gia đến Sao Hỏa và vành đai tiểu hành tinh, khám phá các vệ tinh của Sao Mộc và bắt đầu các bước đầu tiên để gửi một vệ tinh thăm dò tới các vì sao.

Nhưng còn nhân loại thì sao? Liệu chúng ta có các thuộc địa không gian để làm giảm dân số thế giới? Liệu cho đến năm 2100, loài người có bắt đầu rời khỏi Trái đất hay không?

Điều đó là không thể! Do chi phí cao, thậm chí đến năm 2100 và xa hơn nữa, đa số loài người sẽ không lên tàu vũ trụ để đến thăm các hành tinh khác. Mặc dù một số ít các phi hành gia sẽ tạo ra các tiền đồn nhỏ trên các hành tinh, bản thân con người vẫn mắc kẹt trên Trái đất.

Với thực tế rằng Trái đất sẽ là ngôi nhà của nhân loại trong nhiều thế kỷ tới, điều này đặt ra một câu hỏi khác: Nền văn minh sẽ tự phát triển ra sao? Khoa học sẽ ảnh hưởng thế nào đến lối sống, công việc và xã hội chúng ta? Khoa học là động cơ của sự thịnh vượng, vậy làm thế nào nó sẽ định hình lại nền văn minh và sự giàu có trong tương lai?

Công nghệ và tư tưởng đang làm rung chuyển nền tảng của chủ nghĩa tư bản thế kỷ 21. Công nghệ đang biến các kỹ năng và kiến thức trở thành nguồn lực duy nhất có lợi thế chiến lược bền vững.

—LESTER THUROW

7 TƯƠNG LAI CỦA SỰ GIÀU CÓ *Người chiến thắng và kẻ thất bại*

Trong thần thoại, sự trỗi dậy và sụp đổ của các đế quốc vĩ đại phụ thuộc vào sức mạnh và sự tinh nhuệ của quân đội. Các tướng lĩnh vĩ đại của Đế chế La Mã thường cầu nguyện tại đền Mars, thần chiến tranh, trước các trận chiến quyết định. Những kỳ công huyền thoại của Thor đã truyền cảm hứng vào những trận chiến của người Viking. Người xưa xây đền đài dành riêng cho các vị thần, kỷ niệm chiến thắng trong cuộc chiến chống lại kẻ thù của họ.

Nhưng khi phân tích sự trỗi dậy và suy yếu thực tế của các nền văn minh vĩ đại, chúng ta thấy một câu chuyện hoàn toàn khác.

Nếu bạn là một người từ Sao Hỏa đến Trái đất vào năm 1500 và tham quan tất cả các nền văn minh vĩ đại, bạn nghĩ điều gì cuối cùng sẽ thống trị thế giới? Câu trả lời thật dễ dàng: có thể là bất kỳ nền văn minh nào, nhưng không phải nền văn minh châu Âu.

Ở phương đông, bạn sẽ thấy nền văn minh Trung Hoa vĩ đại với hàng ngàn năm lịch sử. Danh sách dài các phát minh khó sánh của người Trung Hoa: giấy, kỹ thuật in, thuốc súng, la bàn... Các nhà khoa học Trung Quốc là giỏi nhất. Chính quyền tập trung và đất nước hòa bình.

Ở phương nam, bạn có Đế chế Ottoman, suýt nữa đã chiếm cả châu Âu. Nền văn minh Hồi giáo vĩ đại đã phát minh ra đại số, tạo ra nhiều bước tiến trong quang học và vật lý và đặt tên cho các ngôi sao. Nghệ thuật và khoa học phát triển mạnh. Quân đội của họ không có đối thủ. Istanbul là một trong những trung tâm khoa học của thế giới.

Sau đó bạn có các quốc gia châu Âu đáng thương, dựa trên nền tảng tôn giáo, tà thuật và Tòa án dị giáo. Tây Âu, trong sự suy yếu kéo dài hàng ngàn năm kể từ khi Đế quốc La Mã sụp đổ, quá lạc hậu đến mức chỉ còn biết nhập siêu về công nghệ. Đó là một lỗ đen thời Trung cổ. Hầu hết các tri thức của Đế chế La Mã từ lâu đã biến mất, thay thế bằng giáo điều tôn giáo ngột ngạt. Đối lập hoặc bất đồng chính kiến thường xuyên bị tra tấn hoặc tệ hơn. Các thành phố châu Âu hỗn chiến liên miên.

Vậy chuyện gì đã xảy ra?

Cả hai đế chế lớn Trung Hoa và Ottoman đang bước vào giai đoạn trì trệ kỹ thuật 500 năm, trong khi châu Âu đang bắt đầu cuộc trang bị chưa từng có về khoa học và công nghệ.

Bắt đầu từ năm 1405, hoàng đế Vĩnh Lạc của Trung Hoa ra lệnh cho một hạm đội hùng mạnh, lớn nhất thế giới thời đó, khám phá thế giới. (Ba con tàu nhỏ bé của Columbus có thể đặt vừa khít trên boong của một trong những chiếc tàu khổng lồ này.) Bảy cuộc thám hiểm lớn đã diễn ra, lần sau lớn hơn lần trước. Hạm đội này đi vòng quanh bờ biển Đông Nam Á và đến châu Phi, Madagascar, và thậm chí có thể vượt xa hơn thế. Hạm đội đã mang nhiều của ngon vật lạ, kỳ hoa dị thảo từ những vùng đất xa xôi. Có những mộc bản cổ khắc hình hươu cao cổ châu Phi được triển lãm tại một vườn thú đời Minh.

Nhưng những vị hoàng đế Trung Hoa lại thấy thất vọng. Đó có phải là tất cả những gì còn lại trên đời? Các đội quân vĩ đại ngang tầm Trung Hoa đang ở đâu? Của ngon vật lạ là tất cả những gì phần còn lại của thế giới? Quá thất vọng, những hoàng đế kế vị đã cho hạm đội tuyệt vời kia suy tàn và cuối cùng tan rã. Trung Quốc dần dần bị cô lập

khỏi thế giới bên ngoài, trở nên trì trệ trong khi cả thế giới đang lao về phía trước.

Đế chế Ottoman cũng có tư tưởng tương tự. Sau khi đã chinh phục hầu hết thế giới mà họ biết, người Ottoman đã trở nên hướng nội, vào chủ nghĩa bảo thủ tôn giáo và hàng thế kỷ trì trệ. Mahathir Mohamad, cựu thủ tướng Malaysia, từng nói: "Nền văn minh Hồi giáo suy tàn khi các học giả cho rằng chỉ nên nghiên cứu những tri thức Hồi giáo còn những tri thức khác đều là phản Hồi giáo. Kết quả là, người Hồi giáo đã từ bỏ nghiên cứu khoa học, toán học, y học và các ngành khoa học khác. Thay vào đó, họ dành thời gian tranh luận về giáo lý và diễn giải, về luật pháp và thực hành Hồi giáo, khiến Hồi giáo phân rã thành nhiều mảnh."

Tuy nhiên, ở châu Âu, một sự thức tỉnh tuyệt vời đã bắt đầu. Thương mại mang lại những ý tưởng mới mẻ, mang tính cách mạng, được đẩy nhanh bởi kỹ thuật in Gutenberg. Sức mạnh của Giáo hội bắt đầu suy yếu sau một thiên niên kỷ thống trị. Các trường đại học từ từ chuyển từ việc giải thích những đoạn văn rối rắm trong Kinh Thánh sang áp dụng vật lý Newton và hóa học Dalton cũng như những lĩnh vực khác. Nhà sử học Paul Kennedy của Yale thêm một yếu tố nữa vào sự trỗi dậy như vũ bão của châu Âu: tình trạng chiến tranh liên tục giữa các cường quốc châu Âu mạnh ngang nhau, không ai trong số đó có thể thống trị lục địa. Các quốc vương, vốn liên tục gây chiến với nhau, đã tài trợ cho khoa học và kỹ thuật để tiếp tục tham vọng lãnh thổ của họ. Khoa học không chỉ là học thuật mà là một cách để tạo ra vũ khí mới và những con đường phồn vinh mới.

Chẳng mấy chốc, sự trỗi dậy của khoa học và công nghệ ở châu Âu bắt đầu làm suy yếu sức mạnh của Trung Hoa và Đế chế Ottoman. Nền văn minh Hồi giáo, đã thịnh vượng trong nhiều thế kỷ như một cửa ngõ giao thương giữa phương Đông và phương Tây, chùn bước khi các thủy thủ châu Âu mở ra các tuyến đường thương mại đến Tân Thế giới và phương Đông – đặc biệt là quanh châu Phi, bằng cách đi vòng

qua Trung Đông. Và Trung Hoa bị các pháo hạm châu Âu vượt mặt, trớ trêu thay họ tận dụng hai phát minh quan trọng của Trung Hoa là thuốc súng và la bàn.

Đáp án cho câu hỏi "Chuyện gì đã xảy ra?" rất rõ ràng. Khoa học và công nghệ đã diễn ra. Đó là những công cụ của sự thịnh vượng. Tất nhiên, bạn có quyền bỏ qua khoa học và công nghệ, nhưng như vậy sẽ rất nguy hiểm. Thế giới không đứng yên bởi vì bạn đang đọc một văn bản tôn giáo. Nếu bạn không nắm vững những kiến thức mới nhất về khoa học và công nghệ, thì đối thủ cạnh tranh của bạn sẽ làm việc đó.

LÀM CHỦ BỐN LỰC CƠ BẢN

Nhưng chính xác làm thế nào châu Âu vụt chạy nước rút qua Trung Hoa và thế giới Hồi giáo sau hàng thế kỷ tụt hậu? Đó là nhờ cả hai yếu tố xã hội và công nghệ trong sự đảo ngược đáng chú ý này.

Khi phân tích lịch sử thế giới sau năm 1500, người ta nhận ra rằng châu Âu đã sẵn sàng cho những tiến bộ vượt bậc tiếp theo, với sự suy tàn của chế độ phong kiến, sự gia tăng của tầng lớp thương gia và những làn gió sôi động thời Phục hưng. Nhưng các nhà vật lý lại nhìn nhận sự chuyển đổi lớn này qua lăng kính của bốn lực cơ bản thống trị vũ trụ. Đây là những lực có thể giải thích vạn vật xung quanh chúng ta, từ máy móc, tên lửa và bom tới các ngôi sao và vũ trụ. Thay đổi xu hướng xã hội có thể đã tạo nên quá trình chuyển đổi này, nhưng chính sự thành thạo các lực cơ bản này đã đưa châu Âu dẫn đầu thế giới.

Lực đầu tiên là lực hấp dẫn, giữ chúng ta neo xuống đất, ngăn Mặt trời phát nổ và giữ các hành tinh, thiên thể trong Hệ Mặt trời. Thứ hai là lực điện từ, chiếu sáng các thành phố, cung cấp năng lượng cho các máy phát điện và động cơ, cung cấp năng lượng cho laser và máy tính của con người. Lực thứ ba và thứ tư là lực hạt nhân yếu và mạnh, hình thành hạt nhân nguyên tử, thắp sáng các vì sao trên trời, và tạo ra ngọn lửa hạt nhân ở tâm Mặt trời. Cả bốn lực này đã được tìm ra ở châu Âu.

Mỗi khi các nhà vật lý hiểu được một trong những lực này, lịch sử nhân loại lại chuyển mình và châu Âu là nơi lý tưởng để khai thác kiến thức mới đó. Khi Isaac Newton nhìn thấy một quả táo rơi và ngước nhìn Mặt trăng, ông tự hỏi mình câu hỏi đã mãi mãi thay đổi lịch sử nhân loại: Nếu một quả táo rơi xuống, thì liệu Mặt trăng có rơi hay không? Trong một khoảnh khắc lóe sáng khi mới 23 tuổi, ông nhận ra rằng các lực hút quả táo và lực tác động lên các hành tinh, sao chổi trên trời là một. Điều này cho phép ông áp dụng toán học mới mà ông vừa phát minh ra, phép tính vi tích phân, để vẽ quỹ đạo của các hành tinh và vệ tinh, lần đầu tiên giải mã chuyển động của các thiên thể. Năm 1687, ông xuất bản kiệt tác của mình, *Principia* (Nguyên lý), được cho là cuốn sách khoa học quan trọng bậc nhất, có tầm ảnh hưởng nhất trong lịch sử nhân loại.

Quan trọng hơn, Newton đã đưa ra một cách suy nghĩ mới, một cơ chế để tính toán chuyển động của các vật thông qua lực tương tác. Chúng ta không còn phải phó mặc cho linh hồn, thần thánh và ma quỷ; thay vào đó các vật di chuyển là nhờ các lực có thể được đo và điều khiển. Điều này dẫn đến cơ học Newton, theo đó các nhà khoa học có thể dự đoán chính xác hành vi của máy móc; mở đường cho động cơ hơi nước và đầu máy xe lửa. Động lực học khó hiểu của máy hơi nước phức tạp có thể được chia nhỏ một cách có hệ thống, từng bulông, từng đòn bẩy, theo các định luật của Newton. Vì vậy, mô tả về lực hấp dẫn của Newton đã giúp mở đường cho cuộc cách mạng công nghiệp ở châu Âu.

Sau đó, trong những năm 1800, một lần nữa ở châu Âu, Michael Faraday, James Clerk Maxwell và những nhà khoa học khác khai thác lực lớn thứ hai, lực điện từ, mở ra cuộc cách mạng lớn tiếp theo. Khi Thomas Edison chế tạo máy phát điện tại trạm Pearl Street ở Hạ Manhattan và điện khí hóa đường phố đầu tiên trên Trái đất, ông đã mở ra cửa ngõ vào điện khí hóa toàn bộ hành tinh. Ngày nay, từ bên ngoài không gian, chúng ta có thể ngắm nhìn Trái đất vào ban đêm,

với toàn bộ các lục địa được thắp sáng. Nhìn vào Trái đất từ không gian, bất kỳ người ngoài hành tinh nào cũng ngay lập tức nhận ra rằng Trái đất đã làm chủ được điện từ. Chúng ta cảm nhận được sự phụ thuộc vào điện từ một cách rõ ràng bất cứ khi nào mất điện. Trong một khoảnh khắc, chúng ta đột nhiên bị ném quay trở lại quá khứ hơn 100 năm, không có thẻ tín dụng, máy tính, đèn, thang máy, TV, radio, Internet, động cơ...

Cuối cùng, các lực hạt nhân, cũng được làm chủ bởi các nhà khoa học châu Âu, đang thay đổi mọi thứ xung quanh chúng ta. Không những chúng ta có thể mở khóa những bí mật của thiên đường, giải mã nguồn năng lượng thắp sáng các ngôi sao, mà còn làm sáng tỏ không gian bên trong, sử dụng kiến thức này trong y học thông qua quét MRI, CAT và PET, xạ trị và y học hạt nhân. Bởi các lực hạt nhân kiểm soát sức mạnh khổng lồ được lưu trữ trong nguyên tử, lực hạt nhân cuối cùng có thể quyết định số phận của nhân loại, liệu con người sẽ phát triển bằng cách khai thác năng lượng nhiệt hạch vô hạn này hay chết trong hỏa ngục hạt nhân.

TƯƠNG LAI GẦN (HIỆN TẠI ĐẾN NĂM 2030)

BỐN GIAI ĐOẠN CỦA CÔNG NGHỆ

Sự kết hợp của thay đổi điều kiện xã hội và sự thành thạo bốn lực cơ bản đã thúc đẩy châu Âu đi đầu. Nhưng công nghệ thì luôn ở trạng thái động, luôn thay đổi. Chúng được sinh ra, phát triển, trỗi dậy và suy yếu. Để biết các công nghệ cụ thể sẽ thay đổi như thế nào trong tương lai gần, ta có thể xem xét cách các định luật chi phối sự phát triển của chúng.

Công nghệ dành cho đại chúng thường phát triển theo bốn giai đoạn cơ bản. Chúng ta có thể thấy điều này trong sự phát triển của giấy, nước, điện và máy tính. Trong giai đoạn I, các sản phẩm công

nghệ rất quý giá đến mức chúng được bảo vệ chặt chẽ. Giấy, khi được phát minh dưới hình thức giấy cói của người Ai Cập cổ đại và sau đó là người Trung Hoa từ hàng ngàn năm trước, quý đến mức được các tăng lữ bảo vệ. Công nghệ khiêm nhường này đã giúp nền văn minh cổ đại chuyển mình.

Khoảng năm 1450, công nghệ giấy bước vào giai đoạn II, khi Gutenberg phát minh ra máy in sắp chữ. Công nghệ này đã biến "cuốn sách cá nhân" thành hiện thực, để một người có thể sở hữu một cuốn sách chứa đựng kiến thức của hàng trăm cuộn giấy. Trước Gutenberg, chỉ có 30.000 cuốn sách ở khắp châu Âu. Đến năm 1500, đã có chín triệu cuốn sách, mở ra thời Phục hưng.

Nhưng khoảng năm 1930, giấy đạt đến giai đoạn III, khi chi phí giảm xuống chỉ một xu một tờ. Điều này giúp hình thành thư viện cá nhân, nơi một người có thể sở hữu hàng trăm cuốn sách. Giấy trở thành một loại hàng hóa thông thường, được bán theo tấn. Giấy ở khắp mọi nơi và hòa vào cuộc sống. Hiện nay chúng ta đang ở giai đoạn IV, khi giấy là một loại hình thời trang. Chúng ta trang trí thế giới của mình với giấy mang mọi màu sắc, hình dạng và kích cỡ. Chất thải đô thị lớn nhất là giấy. Vì vậy, giấy phát triển từ một mặt hàng được bảo vệ chặt chẽ đến việc được sử dụng một cách lãng phí.

Nước máy cũng có quá trình phát triển tương tự. Ở thời cổ đại, trong giai đoạn I, nước rất quý đến nỗi cả làng dùng chung một giếng nước duy nhất. Điều này kéo dài hàng ngàn năm, cho đến đầu những năm 1900, khi hệ thống ống nước cá nhân dần dần được phát triển và chúng ta bước vào giai đoạn II. Sau Thế chiến II, nước máy bước vào giai đoạn III, trở nên rẻ và sẵn có cho tầng lớp trung lưu đang mở rộng. Ngày nay, nước máy đang ở giai đoạn IV, một loại hình thời trang, xuất hiện dưới nhiều hình dạng, kích cỡ và ứng dụng. Chúng ta trang trí thế giới bằng nước, dưới dạng đài phun nước và triển lãm nước.

Điện cũng trải qua các giai đoạn tương tự. Với khám phá tiên phong của Thomas Edison và những nhà khoa học khác, trong giai

đoạn I, cả một nhà máy dùng chung một bóng đèn và động cơ điện. Sau Thế chiến thứ nhất, chúng ta bước vào giai đoạn II với bóng đèn cá nhân và động cơ cá nhân. Ngày nay, điện đã biến mất; nó ở khắp mọi nơi và hòa vào cuộc sống. Ngay cả từ "điện" cũng vắng bóng trong ngôn ngữ. Vào dịp Giáng sinh, chúng ta thắp hàng trăm đèn nhấp nháy để trang trí nhà cửa. Chúng ta giả định rằng điện ẩn trong các bức tường, ở khắp mọi nơi. Điện là một loại hình thời trang, chiếu sáng sân khấu Broadway và trang trí thế giới của chúng ta.

Trong giai đoạn IV, cả điện và nước máy đều đã trở thành các tiện ích. Chúng rất rẻ và chúng ta tiêu thụ quá nhiều, chúng ta đo lượng điện và nước sinh hoạt theo từng nhà.

Máy tính cũng tương tự như vậy. Các công ty nắm bắt được quá trình này đều trở nên phát đạt. Các công ty không nắm bắt được đã đi đến chỗ gần như phá sản. IBM thống trị giai đoạn I với máy tính lớn trong những năm 1950. Một máy tính lớn quý giá đến mức phải cho 100 nhà khoa học và kỹ sư dùng chung. Những nhà lãnh đạo IBM đã không đánh giá cao định luật Moore, vì vậy họ gần như bị phá sản khi chúng ta bước vào giai đoạn II trong những năm 1980, với sự xuất hiện của máy tính cá nhân.

Nhưng ngay cả các nhà sản xuất máy tính cá nhân cũng đã tự mãn. Họ hình dung ra một thế giới với các máy tính độc lập trên mỗi bàn làm việc. Họ đã bị mất cảnh giác với sự xuất hiện của giai đoạn III, khi các máy tính nối mạng Internet cho phép một người có thể tương tác với hàng triệu máy tính. Ngày nay, nơi duy nhất bạn có thể tìm thấy một máy tính độc lập là trong bảo tàng.

Vì vậy, tương lai tất yếu của máy tính là sẽ bước vào giai đoạn IV, nơi nó biến mất và được hồi sinh như một loại hình thời trang. Chúng ta sẽ trang trí thế giới bằng máy tính. Từ *máy tính* sẽ dần dần biến mất khỏi tất cả các ngôn ngữ. Trong tương lai, thành phần lớn nhất của chất thải đô thị sẽ không phải là giấy mà là các con chip. Tương lai của máy tính là biến mất và trở thành một tiện ích, được bán như điện và

nước. Chip máy tính sẽ dần dần biến mất khi tính toán được thực hiện "trên mây".

Vì vậy, sự tiến hóa của máy tính không phải là một bí ẩn; nó đang đi theo con đường mòn của những công nghệ tiền nhiệm, như điện, giấy và nước máy.

Nhưng máy tính và Internet vẫn đang phát triển. Nhà kinh tế học John Steele Gordon được hỏi liệu cuộc cách mạng này đã kết thúc chưa. "Trời ơi, không. Sẽ còn đến cả trăm năm trước khi nó kết thúc hoàn toàn, giống như động cơ hơi nước. Hiện tại Internet với chúng ta đang ở điểm giống như đường sắt vào năm 1850. Đây mới chỉ là điểm khởi đầu."

Chúng ta cũng nên lưu ý rằng không phải mọi công nghệ đều bước vào giai đoạn III và IV. Ví dụ, hãy xem xét đầu máy xe lửa. Giao thông cơ giới bước vào giai đoạn I đầu những năm 1800 với sự ra đời của đầu máy hơi nước. Hàng trăm người chia sẻ một đầu máy duy nhất. Chúng ta bước vào giai đoạn II với sự ra đời của "đầu máy cá nhân", hay còn gọi là xe hơi, vào đầu những năm 1900. Nhưng đầu máy xe lửa và xe hơi (chủ yếu là một hộp trên đường ray hoặc bánh xe) đã không thay đổi nhiều trong những thập kỷ qua. Cái đã thay đổi là những cải tiến, chẳng hạn như các động cơ mạnh mẽ và hiệu quả hơn cũng như thông minh hơn. Vì vậy, những công nghệ mà không thể bước vào giai đoạn III và IV sẽ được cải thiện; ví dụ, chúng sẽ có những con chip để trở nên thông minh. Một số công nghệ phát triển theo tất cả các giai đoạn đến tận giai đoạn IV, như điện, máy tính, giấy và nước máy. Những công nghệ khác vẫn bị mắc kẹt ở giai đoạn trung gian, nhưng chúng tiếp tục phát triển bằng cách có những cải tiến như chip và nâng cao hiệu quả.

TẠI SAO CÓ BONG BÓNG VÀ SUY THOÁI?

Nhưng ngày nay, sau cuộc suy thoái lớn năm 2008, một số người cho rằng tất cả những tiến bộ này là ảo ảnh, rằng chúng ta phải quay trở

lại những ngày đơn giản hơn, rằng có lỗi sai hỏng cơ bản tồn tại đâu đó trong hệ thống.

Khi nhìn sâu vào lịch sử, thật dễ dàng để chỉ ra những điều bất ngờ, với những bong bóng khổng lồ và suy thoái dường như không biết xuất hiện từ đâu. Chúng có vẻ ngẫu nhiên, một sản phẩm phụ của sự mập mờ số phận và sự điên rồ của con người. Các nhà sử học và kinh tế học đã viết rất nhiều về suy thoái năm 2008, cố gắng hiểu rõ hơn bằng cách kiểm tra nhiều nguyên nhân, chẳng hạn như bản chất con người, tham lam, tham nhũng, lỗ hổng luật pháp, điểm yếu trong giám sát...

Tuy nhiên, tôi có một cách nhìn khác về cuộc suy thoái lớn, nhìn nhận qua lăng kính khoa học. Về lâu dài, khoa học là động cơ của sự thịnh vượng. Ví dụ, *The Oxford Encyclopedia of Economic History* (Bách khoa toàn thư Oxford về Lịch sử Kinh tế) trích dẫn các nghiên cứu rằng "90% tăng trưởng thu nhập ở Anh và Mỹ sau năm 1780 là nhờ đổi mới công nghệ, không đơn thuần là tích lũy vốn."

Nếu không có khoa học, chúng ta sẽ bị ném trở lại quá khứ mù mờ hàng thiên niên kỷ. Nhưng khoa học không đồng nhất; nó đến theo từng đợt. Một bước đột phá then chốt (ví dụ, động cơ hơi nước, bóng đèn, bóng bán dẫn) thường kéo theo một loạt các phát minh thứ cấp sau đó tạo ra một trận tuyết lở của đổi mới và tiến bộ. Vì chúng tạo ra một lượng lớn của cải, những con sóng này nên được phản ánh trong nền kinh tế.

Làn sóng lớn đầu tiên là năng lượng hơi nước, dẫn đến việc tạo ra đầu máy xe lửa. Năng lượng hơi nước đã mang lại cuộc cách mạng công nghiệp, khiến xã hội chuyển mình mạnh mẽ. Sức mạnh hơi nước đã tạo ra sự giàu có thịnh vượng. Nhưng dưới chủ nghĩa tư bản, của cải không bao giờ nằm yên một chỗ. Nó cần lưu chuyển. Các nhà tư bản vẫn đang liên tục săn tìm những mối hời và sẽ đầu tư của cải vào nhiều kế hoạch đầu cơ hơn. Tuy nhiên đôi khi, điều này sẽ gây ra hậu quả thảm khốc.

Vào đầu những năm 1800, phần lớn tài sản nhàn rỗi tạo ra bởi sức mạnh hơi nước và Cuộc Cách mạng Công nghiệp đã được đầu tư vào các cổ phiếu đầu máy xe lửa trên Sở giao dịch chứng khoán London. Trên thực tế, bong bóng bắt đầu hình thành, cùng hàng loạt công ty đầu máy xuất hiện trên Sở giao dịch chứng khoán London. Virginia Postrel, nhà báo kinh doanh của tờ *New York Times*, viết: "Một thế kỷ trước, các công ty đường sắt chiếm một nửa số chứng khoán niêm yết trên sàn chứng khoán New York." Vì công nghệ đầu máy xe lửa vẫn còn trong giai đoạn trứng nước, bong bóng này không bền vững và nó cuối cùng đã nổ tung, tạo ra cơn suy thoái năm 1850, một trong những cơn suy thoái lớn nhất trong lịch sử chủ nghĩa tư bản. Tiếp theo đó là một loạt các suy thoái nhỏ xảy ra gần như mỗi thập kỷ, hệ quả của sự giàu có dư thừa sinh ra từ cuộc cách mạng công nghiệp.

Có sự trớ trêu ở đây: thời hoàng kim của đường sắt là vào những năm 1880 và 1890. Vì vậy, suy thoái năm 1850 là do sốt đầu cơ và của cải được tạo ra nhờ khoa học, nhưng việc trải đường sắt khắp toàn cầu đã cần thêm nhiều thập kỷ để thực hiện.

Thomas Friedman viết: "Vào thế kỷ 19, nước Mỹ bước vào cơn bùng nổ đường sắt, bong bóng và phá sản.... Nhưng ngay cả khi bong bóng đó nổ tung, nó đã để lại trên nước Mỹ một cơ sở hạ tầng đường sắt giúp cho việc đi lại và vận chuyển xuyên lục địa trở nên dễ dàng và rẻ hơn đáng kể."

Thay vì tư bản rút ra một bài học, chu kỳ này lại bắt đầu lặp lại ngay sau đó. Một làn sóng lớn thứ hai của công nghệ lây lan, dẫn đầu bởi các cuộc cách mạng điện và ô tô của Edison và Ford. Điện khí hóa nhà máy và hộ gia đình, cũng như sự gia tăng của mẫu Model T, một lần nữa tạo ra của cải dư thừa. Như mọi khi, của cải dư thừa phải được chuyển đi đâu đó. Trong trường hợp này, nó đã đi vào thị trường chứng khoán Mỹ, dưới hình thức bong bóng cổ phiếu tiện ích và ô tô. Mọi người đã bỏ qua bài học về đợt suy thoái năm 1850, vì nó đã xảy ra 80 năm trước trong quá khứ mờ nhạt. Từ năm 1900 đến năm 1925, số

lượng các công ty ô tô khởi nghiệp đạt con số 3.000, làm méo mó thị trường. Một lần nữa, bong bóng này không bền vững. Vì nhiều lý do, bong bóng nổ tung vào năm 1929, tạo nên cuộc Đại suy thoái.

Nhưng trớ trêu thay, phải đến những năm 1950-1960, sau suy thoái, công cuộc làm đường và điện khí hóa của Mỹ và châu Âu mới bắt đầu.

Gần đây, chúng ta có làn sóng khoa học vĩ đại thứ ba, sự xuất hiện của công nghệ cao, dưới dạng máy tính, laser, vệ tinh không gian, Internet và điện tử. Của cải dư thừa được tạo ra bởi công nghệ cao phải chuyển đi đâu đó. Trong trường hợp này, nó đã đi vào bất động sản, tạo ra một bong bóng khổng lồ. Với giá trị của bất động sản bùng nổ ồ ạt, người ta bắt đầu vay thế chấp giá trị căn nhà của họ, sử dụng chúng như một hình thức tiết kiệm sinh lời và càng làm bong bóng phình to. Các chủ ngân hàng vô đạo đức thúc đẩy bong bóng này bằng cách ồ ạt cho vay. Một lần nữa, mọi người bỏ qua bài học về các vụ suy thoái năm 1850 và 1929, xảy ra 160 và 80 năm trước. Cuối cùng, bong bóng mới này không thể được duy trì, và chúng ta đã có vụ sụp đổ năm 2008 và cuộc suy thoái kinh tế lớn.

Điều này dẫn đến câu hỏi tiếp theo: Làn sóng thứ tư là gì? Không ai có thể chắc chắn. Nó có thể là sự kết hợp giữa trí thông minh nhân tạo, công nghệ nano, viễn thông và công nghệ sinh học. Như các chu kỳ trước, có thể mất thêm 80 năm nữa để các công nghệ này tạo ra một làn sóng của cải dư thừa. Khoảng năm 2090, hy vọng mọi người sẽ không bỏ qua bài học của 80 năm trước đó.

TƯƠNG LAI TRUNG HẠN (TỪ NĂM 2030 ĐẾN NĂM 2070)

NGƯỜI CHIẾN THẮNG VÀ KẺ THUA CUỘC: VIỆC LÀM

Nhưng khi công nghệ phát triển, chúng tạo ra những thay đổi đột ngột trong nền kinh tế mà đôi khi làm cho xã hội rối loạn. Trong mọi cuộc

cách mạng, có những người chiến thắng và kẻ thua cuộc. Điều này sẽ trở nên rõ ràng hơn cho đến tương lai trung hạn này. Chúng ta không còn có thợ rèn và thợ làm xe kéo. Chúng ta cũng không luyến tiếc gì về sự ra đi của những ngành nghề này. Nhưng câu hỏi đặt ra là: Đến tương lai trung hạn, những ngành nghề nào sẽ lên ngôi? Sự phát triển của công nghệ sẽ thay đổi cách chúng ta làm việc như thế nào?

Chúng ta có thể xác định một phần đáp án bằng cách đặt một câu hỏi đơn giản: Những hạn chế của robot là gì? Như chúng ta đã thấy, có ít nhất hai trở ngại cơ bản đối với trí tuệ nhân tạo: nhận dạng mẫu và lẽ thường. Do đó, các công việc sẽ tồn tại trong tương lai chủ yếu là những việc mà robot không thể thực hiện – chính là những công việc đòi hỏi hai khả năng này.

Trong số lao động chân tay, kẻ thua cuộc sẽ là những công nhân chỉ thuần túy thao tác lặp đi lặp lại (như các công nhân tự động trên dây chuyền sản xuất) bởi vì các robot vượt trội về điều này. Máy tính tạo ra ảo tưởng rằng chúng sở hữu trí thông minh, nhưng đó chỉ là vì chúng có thể nhanh hơn hàng triệu lần so với con người. Chúng ta quên rằng máy tính chỉ là các máy móc phức tạp và công việc lặp đi lặp lại là những gì chúng làm tốt nhất. Đó là lý do tại sao một số công nhân lắp ráp ô tô là một trong những người đầu tiên bị ảnh hưởng bởi cách mạng máy tính. Điều này có nghĩa rằng bất kỳ công việc nhà máy nào có thể được giảm xuống thành một tập hợp các chuyển động được lên kế hoạch trước, lặp đi lặp lại sẽ biến mất.

Đáng ngạc nhiên là một phần lớn công nhân lao động không những sống sót trong cuộc cách mạng máy tính mà còn phát triển mạnh mẽ. Người chiến thắng sẽ là người thực hiện công việc không cạnh tranh đòi hỏi nhận dạng mẫu. Người thu gom rác, cảnh sát, công nhân xây dựng, người làm vườn và thợ sửa ống nước sẽ có việc làm trong tương lai. Để lấy rác ở các hộ gia đình, người thu gom rác phải nhận ra những túi rác, đặt chúng vào xe tải và đưa ra bãi rác. Nhưng mỗi mảnh rác đòi hỏi một phương pháp xử lý khác nhau. Đối với công

nhân xây dựng, mọi công việc đều yêu cầu các công cụ, bản thiết kế và hướng dẫn khác nhau. Không có hai công trường xây dựng hoặc hai nhiệm vụ giống hệt. Cảnh sát phải phân tích nhiều tội ác trong các tình huống khác nhau. Hơn nữa, họ cũng phải hiểu động cơ và phương pháp phạm tội, vượt xa khả năng của bất kỳ máy tính nào. Tương tự, mỗi khu vườn và bồn rửa đều khác biệt, đòi hỏi thợ sửa ống nước phải có các kỹ năng và công cụ riêng.

Trong số lao động trí thức, kẻ thua cuộc sẽ là những người làm những công việc trung gian như kiểm kê hay kế toán. Điều này có nghĩa là các đại lý cấp thấp, các nhà môi giới, các nhân viên giao dịch, kế toán... sẽ ngày càng thiếu việc vì công việc của họ dần biến mất. Những công việc này được gọi là "khung sườn của chủ nghĩa tư bản". Người ta có thể mua một vé máy bay bằng cách lướt Web với giá tốt nhất mà không cần qua đại lý du lịch.

Ví dụ, Merrill Lynch nổi tiếng tuyên bố rằng họ sẽ không bao giờ áp dụng giao dịch chứng khoán trực tuyến. Họ sẽ luôn giao dịch cổ phiếu theo cách cổ điển. John Steffens, trưởng môi giới của Merrill, nói: "Mô hình tự đầu tư, tập trung vào giao dịch trên Internet, nên được coi là mối đe dọa nghiêm trọng đối với tình hình tài chính của nước Mỹ." Vì vậy, thật bẽ bàng khi họ buộc phải sử dụng giao dịch trực tuyến do sức ép thị trường vào năm 1999. "Hiếm khi nào trong lịch sử, các nhà lãnh đạo trong một ngành công nghiệp buộc phải thay đổi hoàn toàn và gần như chỉ qua một đêm, áp dụng phương pháp về cơ bản là một mô hình kinh doanh mới." Charles Gasparino của trang tin tức ZDNet viết.

Điều này cũng có nghĩa là mô hình kim tự tháp của doanh nghiệp sẽ thưa dần. Vì những người tầng ở trên cùng có thể tương tác trực tiếp với lực lượng bán hàng và đại diện trong lĩnh vực này, nên cần có những người trung gian thực hiện các đơn đặt hàng từ phía trên. Trên thực tế, việc cắt giảm như vậy đã xảy ra khi máy tính cá nhân lần đầu tiên được sử dụng trong văn phòng.

Vậy người trung gian sẽ sống sót như thế nào trong tương lai? Họ sẽ phải tăng thêm giá trị cho công việc và cung cấp một mặt hàng mà robot không thể mang lại: lẽ thường.

Ví dụ, trong tương lai, bạn sẽ có thể mua một ngôi nhà trên Internet thông qua đồng hồ hoặc kính áp tròng. Nhưng không ai sẽ mua nhà theo cách này, vì đây là một trong những giao dịch tài chính quan trọng nhất trong đời sống. Đối với các giao dịch mua sắm quan trọng như mua nhà, bạn muốn nói chuyện với một người có thể cho bạn biết trường học tốt ở đâu, tỷ lệ tội phạm ở mức thấp, hệ thống thoát nước hoạt động như thế nào... Vì điều này, bạn muốn nói chuyện với một nhân viên có kinh nghiệm để đánh giá thêm.

Tương tự như vậy, các nhà môi giới chứng khoán cấp thấp đang dần mất việc do giao dịch trực tuyến, nhưng các nhà môi giới chứng khoán đưa ra lời khuyên đầu tư hợp lý, khôn ngoan sẽ luôn được chào đón. Các nhân viên môi giới sẽ tiếp tục mất việc trừ khi cung cấp được các dịch vụ gia tăng, như sự khôn ngoan của các nhà phân tích thị trường hàng đầu và các nhà kinh tế hoặc trở thành nhà môi giới kỳ cựu. Trong một thời đại khi giao dịch trực tuyến giảm chi phí giao dịch chứng khoán một cách không thương tiếc, các nhà môi giới chứng khoán sẽ chỉ tồn tại nếu tiếp thị được phẩm chất vô hình của họ, chẳng hạn như kinh nghiệm, kiến thức và khả năng phân tích.

Vì vậy, trong số lao động trí thức, người chiến thắng sẽ là những người có thể cung cấp cảm giác lẽ thường hữu ích. Đây là những người làm những công việc sáng tạo – nghệ thuật, diễn xuất, kể chuyện cười, viết phần mềm, lãnh đạo, phân tích, khoa học, sáng tạo – những phẩm chất "khiến chúng ta trở thành con người".

Những người làm trong lĩnh vực nghệ thuật sẽ có việc làm, vì Internet luôn đói khát vô độ đối với nghệ thuật sáng tạo. Máy tính rất giỏi sao chép nghệ thuật và giúp các nghệ sĩ tôn tạo nghệ thuật, nhưng chúng rất khốn khổ khi khởi đầu một loại hình mới. Nghệ thuật truyền cảm hứng, hấp dẫn, gợi cảm xúc và làm chúng ta kinh

ngạc vượt quá khả năng của một máy tính, bởi tất cả những phẩm chất này đều cần vận dụng lẽ thường.

Tiểu thuyết gia, biên kịch, nhà soạn kịch sẽ có việc làm, vì họ phải truyền đạt những cảnh thực tế, những xung đột của con người, cũng như chiến thắng và thất bại của con người. Đối với máy tính, mô hình hóa bản chất con người, liên quan đến hiểu biết động cơ và ý định, vượt quá khả năng của chúng. Máy tính không giỏi xác định điều gì khiến cho con người khóc hay cười, vì bản thân chúng không thể khóc cười cũng như hiểu điều gì là vui hay buồn.

Những người liên quan đến quan hệ con người, chẳng hạn như luật sư, sẽ có việc làm.

Mặc dù robot luật sư có thể trả lời những câu hỏi cơ bản về luật pháp, bản thân luật pháp đang thay đổi liên tục, tùy thuộc vào sự thay đổi của các tiêu chuẩn xã hội và đạo đức. Cuối cùng, việc diễn giải luật pháp mang tính chủ quan, điều mà máy tính kém cỏi. Nếu luật pháp chỉ đơn giản bao gồm các giải thích rõ ràng, thì sẽ không cần tòa án, thẩm phán và các bồi thẩm đoàn. Một robot không thể thay thế bồi thẩm đoàn, vì các bồi thẩm đoàn thường đại diện cho tinh thần của một nhóm cụ thể, mà nhóm này lại liên tục thay đổi theo thời gian. Điều này rõ ràng nhất khi thẩm phán Tòa án Tư pháp tối cao Potter Stewart phải định nghĩa văn hóa phẩm đồi trụy. Ông đã không đưa ra được định nghĩa, nhưng kết luận: "Nếu nhìn thấy nó, tôi sẽ biết."

Hơn nữa, có thể là bất hợp pháp nếu để robot thay thế hệ thống tư pháp, vì luật pháp của chúng ta đã có một nguyên tắc cơ bản: các bồi thẩm đoàn bao gồm một số công dân. Vì robot không thể là công dân, sẽ là bất hợp pháp để chúng thay thế hệ thống tư pháp.

Bề ngoài, luật pháp có thể có vẻ chính xác và được định nghĩa rõ ràng, với từ ngữ chính xác và chặt chẽ, các tiêu đề và định nghĩa nghe có vẻ khó hiểu. Nhưng đó chỉ là vẻ bề ngoài, vì việc biện giải các định nghĩa này liên tục thay đổi. Ví dụ, Hiến pháp Mỹ, có vẻ là một tài liệu được định nghĩa rõ ràng, tuy nhiên Tòa án Tối cao liên tục bị chia rẽ

trước các câu hỏi gây tranh cãi. Việc diễn giải lại mọi từ và cụm từ trong Hiến pháp là một quá trình kéo dài mãi mãi. Có thể đơn giản nhận ra sự thay đổi giá trị của con người bằng cách nhìn vào lịch sử. Ví dụ, Tòa án Tối cao Hoa Kỳ năm 1857 đã phán quyết rằng nô lệ không bao giờ có thể trở thành công dân Mỹ. Theo một nghĩa nào đó, phải mất một cuộc nội chiến và hàng ngàn sinh mạng để đánh đổ quyết định đó.

Lãnh đạo cũng sẽ là một công việc được đánh giá cao trong tương lai. Một phần, lãnh đạo bao gồm việc đánh giá mọi thông tin, quan điểm và tùy chọn có sẵn và sau đó lựa chọn thông tin phù hợp nhất, nhất quán với các mục tiêu nhất định. Lãnh đạo trở nên đặc biệt phức tạp do liên quan đến việc truyền cảm hứng và đưa ra hướng dẫn cho người lao động, những người có điểm mạnh và điểm yếu riêng của họ. Tất cả đòi hỏi sự hiểu biết tinh tế về bản chất con người, lực thị trường... vượt quá khả năng của bất kỳ máy tính nào.

TƯƠNG LAI CỦA GIẢI TRÍ

Điều này cũng có nghĩa là toàn bộ ngành công nghiệp, chẳng hạn như giải trí, đang trải qua một biến động sâu sắc. Ví dụ, ngành công nghiệp âm nhạc từ thời xa xưa được xây dựng nhờ từng nhạc sĩ, những người đã đi từ thị trấn này sang thị trấn khác, tạo dấu ấn cá nhân. Những người làm giải trí dựng sân khấu trên đường, hôm nay ở làng này, ngày mai sang làng khác. Đó là một cuộc sống bấp bênh, mang lại ít tiền bạc. Mô hình cũ này đã thay đổi đột ngột khi Thomas Edison phát minh ra máy quay đĩa và mãi mãi thay đổi cách chúng ta nghe nhạc. Đột nhiên, một ca sĩ có thể sản xuất và bán hàng triệu bản, thu về doanh thu trên một quy mô không thể tưởng tượng được trước đây. Chỉ trong vòng một thế hệ, các ca sĩ nhạc rock trở thành người giàu có trong xã hội. Những ngôi sao nhạc rock, vốn có thể là những bồi bàn rách rưới ở thế hệ trước, đã trở thành thần tượng của giới trẻ.

Nhưng thật không may, ngành công nghiệp âm nhạc đã bỏ qua những dự đoán của các nhà khoa học, rằng sẽ tới ngày mà âm nhạc

sẽ dễ dàng được gửi qua Internet, như e-mail. Ngành công nghiệp âm nhạc, thay vì đặt nền tảng cho bán hàng trực tuyến, lại đi kiện các công ty mới nổi cung cấp nhạc chỉ với một phần chi phí của một đĩa CD. Điều này giống như chuyện lướt ngược sóng. Việc bỏ qua này đang gây ra sự hỗn loạn trong ngành công nghiệp âm nhạc.

(Nhưng tin mừng là các ca sĩ vô danh bây giờ có thể vụt sáng mà không cần qua công ty âm nhạc. Trong quá khứ, những ông trùm âm nhạc này gần như có quyền lựa chọn ai là ngôi sao nhạc rock tiếp theo. Như vậy, trong tương lai, các nhạc sĩ hàng đầu sẽ được lựa chọn nhiều hơn một cách dân chủ, thông qua công nghệ và lực lượng thị trường miễn phí, chứ không phải bởi các nhà điều hành kinh doanh âm nhạc.)

Báo chí cũng đang đối mặt với tình thế khó xử tương tự. Theo truyền thống, báo chí có thể dựa vào dòng doanh thu ổn định từ các nhà quảng cáo, đặc biệt là trong phần rao vặt. Dòng doanh thu không đến quá nhiều từ việc bán báo, mà là từ doanh thu quảng cáo mà các trang đó tạo ra. Nhưng giờ đây, chúng ta có thể tải xuống tin tức hàng ngày miễn phí và quảng cáo trên toàn quốc trên nhiều trang web quảng cáo trực tuyến khác nhau. Kết quả là, các tờ báo trên khắp đất nước đang bị thu hẹp lại về kích thước và mức độ lưu hành.

Nhưng quá trình này sẽ không mấy dài lâu. Có rất nhiều thứ nhảm nhí trên Internet, với những kẻ hằng ngày rao giảng bao chuyện lạ đời cho công chúng và đám người cuồng tín, rằng cuối cùng mọi người sẽ trân quý một mặt hàng mới: sự thông thái. Các sự kiện ngẫu nhiên không liên quan gì tới sự thông thái, trong tương lai mọi người sẽ thấy mệt mỏi với những người viết blog điên rồ và tìm kiếm những trang web tin cậy để thu nạp tri thức thực sự.

Như nhà kinh tế học Hamish McRae đã nói: "Trên thực tế, phần lớn thông tin 'này' là rác rưởi, chỉ như thư rác." Nhưng ông tuyên bố. "Óc phán đoán tốt sẽ tiếp tục được đánh giá cao: các nhà phân tích tài chính thành công vẫn là những nhà khoa học được trả lương cao nhất trên thế giới."

MA TRẬN

Nhưng còn về các diễn viên Hollywood thì sao? Thay vì trở thành những người nổi tiếng trong phòng vé và là chủ đề bàn tán của đám đông, các diễn viên có lâm vào cảnh thất nghiệp? Gần đây, đã có những tiến bộ đáng kể trong lĩnh vực thiết kế đồ họa máy tính dựng hình cơ thể con người, để nó xuất hiện gần như thật. Các nhân vật hoạt hình hiện có các tính năng 3-D và đổ bóng. Vì vậy, liệu các diễn viên có sớm trở nên lỗi thời hay không?

Có lẽ là không. Có những vấn đề cơ bản như mô phỏng khuôn mặt người bằng máy tính. Con người đã phát triển một khả năng kỳ lạ để phân biệt khuôn mặt của nhau, vì sự sống còn của chúng ta phụ thuộc vào khả năng này. Trong chớp mắt, chúng ta phải nhận ra ai đó là bạn hay thù. Trong vài giây, chúng ta phải nhanh chóng xác định tuổi tác, giới tính, cảm xúc của một người. Những người không thể làm điều này sẽ không thể sống sót để truyền gen cho thế hệ tiếp theo. Do đó, bộ não con người dành một lượng đáng kể sức mạnh xử lý của nó để nhận dạng khuôn mặt. Trên thực tế, trong hầu hết lịch sử tiến hóa của loài người, trước khi học cách nói, chúng ta giao tiếp thông qua cử chỉ và ngôn ngữ cơ thể, và một phần lớn sức mạnh bộ não được dành để xem xét các dấu hiệu tinh tế trên khuôn mặt. Nhưng các máy tính, vốn đã khó có thể nhận ra các đồ vật đơn giản xung quanh chúng, lại còn khó khăn hơn khi tái tạo một khuôn mặt thực mang biểu cảm của con người. Trẻ em cũng có thể nhận ra ngay khuôn mặt chúng nhìn thấy trên màn ảnh là thật hay chỉ là một mô phỏng máy tính. (Điều này là do Nguyên lý Người Thượng Cổ. Nếu được chọn giữa việc xem một bộ phim hành động bom tấn với các cảnh quay thực và diễn viên mình yêu thích hay xem một bộ phim hoạt hình dựng bằng máy tính, chúng ta vẫn thích lựa chọn đầu tiên hơn.)

Ngược lại, cơ thể có thể được mô hình hóa bằng máy tính dễ hơn nhiều. Khi Hollywood tạo ra những con quái vật thực tế và các nhân vật tưởng tượng trong phim, họ sử dụng một phím tắt. Một diễn viên

mặc một bộ đồ bó sát có gắn cảm biến trên các khớp nối. Khi diễn viên di chuyển hoặc nhảy múa, các cảm biến gửi tín hiệu đến một máy tính sau đó tạo ra một nhân vật hoạt hình thực hiện các chuyển động chính xác, như trong phim *Avatar*.

Tôi từng nói chuyện tại một hội nghị của Phòng thí nghiệm quốc gia Livermore, nơi thiết kế vũ khí hạt nhân và ngồi ăn tối với một người đã tham gia sản xuất phim *Ma trận*. Ông thú nhận rằng họ phải sử dụng một lượng thời gian tính toán khổng lồ để tạo ra những hiệu ứng đặc biệt. Ông cho biết, một trong những cảnh khó khăn nhất, cần tái tạo lại toàn bộ một thành phố tưởng tượng như một chiếc trực thăng bay trên không. Với thời gian tính toán đủ lâu, ông có thể tạo ra một thành phố tưởng tượng. Tuy nhiên, ông thừa nhận mô hình hóa một khuôn mặt người thực tế vượt quá khả năng của mình. Điều này là bởi khi một chùm sáng chạm vào mặt người, nó sẽ phân tán theo mọi hướng, tùy thuộc vào kết cấu khuôn mặt. Mỗi hạt ánh sáng phải được theo dõi bởi máy tính. Do đó, mỗi điểm của da trên khuôn mặt của một người phải được mô tả bởi một hàm toán học phức tạp, đó là một bài toán hóc búa thực sự cho một lập trình viên máy tính.

Tôi thấy điều này nghe có vẻ rất giống vật lý năng lượng cao, lĩnh vực chuyên môn của tôi. Trong máy gia tốc hạt, chúng tôi phóng một chùm proton mạnh đập vào bia, tạo ra hàng loạt các mảnh vỡ phân tán theo mọi hướng. Sau đó chúng tôi đưa ra một hàm toán học (gọi là hệ số dạng) mô tả từng hạt.

Nửa đùa nửa thật, tôi hỏi liệu có mối quan hệ nào giữa khuôn mặt người và vật lý hạt năng lượng cao không? Có, ông trả lời. Các nhà đồ họa máy tính sử dụng cùng một cách như trong vật lý năng lượng cao để tạo ra khuôn mặt bạn nhìn thấy trên phim! Tôi chưa bao giờ nhận ra rằng các công thức phức tạp mà các nhà vật lý lý thuyết như tôi sử dụng có thể một ngày nào đó giải quyết vấn đề mô hình hóa khuôn mặt con người. Vì vậy, chúng ta có thể nhận ra khuôn mặt con người tương tự như cách các nhà vật lý phân tích các hạt hạ nguyên tử!

TƯƠNG LAI XA (TỪ NĂM 2070 ĐẾN NĂM 2100)

TÁC ĐỘNG ĐẾN CHỦ NGHĨA TƯ BẢN

Những công nghệ mới mà chúng ta đã thảo luận trong cuốn sách này mạnh đến mức chắc chắn sẽ có ảnh hưởng đến chủ nghĩa tư bản vào cuối thế kỷ này. Luật cung và cầu vẫn vậy, nhưng sự phát triển của khoa học và công nghệ đã thay đổi chủ nghĩa tư bản của Adam Smith theo nhiều cách, từ cách thức hàng hóa được phân phối đến bản chất của sự giàu có. Một số cách thức ảnh hưởng tức thời đến chủ nghĩa tư bản bao gồm:

- **Chủ nghĩa tư bản hoàn hảo**

Chủ nghĩa tư bản của Adam Smith dựa trên luật cung và cầu: giá cả được đưa ra khi cung của bất kỳ hàng hóa nào phù hợp với nhu cầu. Nếu một mặt hàng khan hiếm và có nhu cầu, thì giá của nó sẽ tăng lên. Nhưng người tiêu dùng và nhà sản xuất chỉ hiểu một phần, không hoàn hảo về cung và cầu, và do đó giá cả có thể thay đổi rất nhiều từ nơi này sang nơi khác. Vì vậy, chủ nghĩa tư bản của Adam Smith là không hoàn hảo. Nhưng điều này sẽ dần thay đổi trong tương lai.

"Chủ nghĩa tư bản hoàn hảo" là khi người sản xuất và người tiêu dùng có kiến thức vô hạn về thị trường, để giá cả được xác định hoàn hảo. Ví dụ, trong tương lai, người tiêu dùng sẽ quét Internet thông qua kính áp tròng của họ và có kiến thức vô hạn về so sánh giá cả và công năng. Chúng ta đã có thể lướt Internet để tìm vé máy bay tốt nhất. Điều này cuối cùng sẽ áp dụng cho tất cả các sản phẩm được bán trên thế giới. Cho dù qua kính mắt, màn hình tường hay điện thoại di động, người tiêu dùng sẽ biết mọi thứ về một sản phẩm. Ví dụ, khi đi qua một cửa hàng tạp hóa, bạn sẽ quét các sản phẩm khác nhau trên màn hình và thông qua Internet trong kính áp tròng của

bạn, ngay lập tức đánh giá liệu sản phẩm đó là một món hời hay không. Lợi thế chuyển sang người tiêu dùng vì họ sẽ ngay lập tức biết tất cả mọi thứ về một sản phẩm – lịch sử, công năng, so sánh giá thành, cũng như ưu điểm và nhược điểm.

Các nhà sản xuất cũng có chiến lược bí mật, chẳng hạn như sử dụng khai thác dữ liệu để hiểu những mong muốn và nhu cầu của người tiêu dùng, lướt Internet tìm giá cả hàng hóa. Điều này loại bỏ phần lớn các phỏng đoán trong việc thiết lập giá. Nhưng chủ yếu vẫn là người tiêu dùng có lợi, họ ngay lập tức so sánh được giá thành và tìm ra nơi bán rẻ nhất. Nhà sản xuất sau đó phải phản ứng với nhu cầu thay đổi liên tục của người tiêu dùng.

- **Từ sản xuất hàng loạt đến cá thể hóa hàng loạt**

Trong hệ thống hiện nay, hàng hóa được sản xuất hàng loạt. Henry Ford từng nổi tiếng với câu nói rằng người tiêu dùng có thể có mẫu xe Model T với bất kỳ màu sắc nào, miễn là màu đen. Sản xuất hàng loạt giảm đáng kể giá cả, thay thế hệ thống cũ, không hiệu quả của các nghiệp đoàn và hàng hóa thủ công. Cuộc cách mạng máy tính sẽ thay đổi tất cả điều này.

Ngày nay, nếu một khách hàng nhìn thấy một chiếc váy có kiểu cách và màu sắc hoàn hảo nhưng sai cỡ, thì họ sẽ không mua. Nhưng trong tương lai, các phép đo 3-D chính xác sẽ được lưu trữ trong thẻ tín dụng hoặc ví của chúng ta. Nếu một chiếc váy hoặc hàng may mặc khác sai cỡ, bạn sẽ e-mail số đo của bạn đến nhà máy và được sản xuất ngay lập tức một sản phẩm đúng kích cỡ. Trong tương lai, mọi thứ sẽ vừa khít.

Cá thể hóa hàng loạt hiện nay là không thực tế, vì quá tốn kém để tạo ra một sản phẩm mới chỉ dành cho một người. Nhưng khi mọi người đều được kết nối với Internet, bao gồm cả nhà máy, các sản phẩm cá thể hóa có thể được sản xuất với cùng mức giá với các sản phẩm được sản xuất hàng loạt.

- **Công nghệ hàng loạt như một tiện ích**

Khi các công nghệ phân tán rộng rãi, chẳng hạn như điện và nước máy, chúng cuối cùng trở thành các tiện ích. Với chủ nghĩa tư bản làm giảm giá thành và cạnh tranh ngày càng tăng, các công nghệ này sẽ được bán như tiện ích, nghĩa là chúng ta không quan tâm đến các sản phẩm này đến từ đâu và chỉ thanh toán khi muốn sử dụng chúng. Điều tương tự cũng áp dụng cho tính toán. "Điện toán đám mây" phụ thuộc rất nhiều vào Internet cho hầu hết các chức năng tính toán, dần dần sẽ trở nên phổ biến. Điện toán đám mây giảm tính toán xuống còn như một tiện ích, chúng ta chỉ trả tiền khi cần nó và không cần bận tâm khi không cần nó.

Điều này khác với tình hình hiện nay, khi hầu hết chúng ta gõ, xử lý văn bản hoặc vẽ trên máy tính để bàn hoặc máy tính xách tay và sau đó kết nối với Internet khi chúng ta muốn tìm kiếm thông tin. Trong tương lai, chúng ta có thể dần dần loại bỏ hoàn toàn máy tính và truy cập tất cả thông tin của mình trực tiếp trên Internet, sau đó chúng ta sẽ trả tiền cho thời gian sử dụng. Vì vậy, máy tính trở thành một tiện ích được đo đồng hồ, như nước và điện. Chúng ta sẽ sống trong một thế giới mà đồ gia dụng, đồ đạc, quần áo... đều thông minh, và chúng ta sẽ nói chuyện với chúng khi cần các dịch vụ cụ thể. Màn hình Internet được ẩn ở khắp mọi nơi và bàn phím hiện ra bất cứ khi nào chúng ta cần chúng. Chức năng đã thay thế hình thức, do đó, trớ trêu thay, cuộc cách mạng máy tính cuối cùng sẽ làm cho máy tính biến mất vào những đám mây.

- **Nhắm đối tượng khách hàng**

Các công ty trước đây đã đặt quảng cáo trên báo, đài, ti vi... thường không để ý đến tác động của quảng cáo. Họ chỉ có thể tính toán hiệu quả của chiến dịch quảng cáo bằng cách xem xét tăng trưởng về doanh thu. Nhưng trong tương lai, các công ty

sẽ biết gần như ngay lập tức có bao nhiêu người đã tải xuống hoặc xem sản phẩm của họ. Ví dụ: nếu bạn được phỏng vấn trên một trang web phát thanh trên Internet, có thể xác định chính xác bao nhiêu người đã nghe cuộc phỏng vấn này. Điều này sẽ cho phép các công ty hướng khách hàng của họ đến các thông số kỹ thuật được thiết kế riêng.

(Việc này lại đặt ra một vấn đề khác: câu hỏi nhạy cảm về quyền riêng tư, một trong những tranh cãi lớn của tương lai. Người ta từng lo ngại rằng máy tính sẽ khiến Big Brother thành hiện thực. Trong tiểu thuyết *1984* của George Orwell, chế độ độc tài bao trùm thế giới, giải phóng một tương lai địa ngục, gián điệp ở khắp nơi, mọi tự do đều bị đè bẹp và cuộc sống là chuỗi khốn khổ bất tận. Về mặt nào đó, Internet có thể đã phát triển thành một cỗ máy gián điệp lan tràn khắp nơi.

Tuy nhiên, vào năm 1989, sau khi Liên Xô tan rã, Quỹ khoa học quốc gia Hoa Kỳ đã cho phép Internet hoạt động trở lại, chuyển đổi nó từ mục đích quân sự sang thiết bị kết nối các trường đại học và thậm chí cả các tổ chức thương mại, cuối cùng dẫn đến sự bùng nổ Internet của những năm 1990. Ngày nay, Big Brother đã trở nên bất khả thi. Vấn đề thực sự là "little brother", đó là những kẻ tọc mạch rảnh rang, những tên tội phạm nhỏ, những tờ báo lá cải và thậm chí cả các công ty khai thác dữ liệu để tìm ra sở thích cá nhân của chúng ta. Như chúng ta sẽ thảo luận trong chương tiếp theo, đây là một vấn đề sẽ không biến mất mà sẽ phát triển theo thời gian. Nhiều khả năng, sẽ có một trò mèo vờn chuột vĩnh cửu giữa các nhà phát triển phần mềm để bảo vệ quyền riêng tư và những người khác tạo ra các chương trình để phá vỡ nó.)

TỪ TƯ BẢN HÀNG HÓA ĐẾN TƯ BẢN TRÍ TUỆ

Cho đến nay, chúng ta chỉ tự hỏi công nghệ đang thay đổi cách hoạt động của chủ nghĩa tư bản như thế nào. Nhưng với tất cả những bất ổn do tiến bộ trong công nghệ cao tạo ra, tác động của nó đến bản chất của chủ nghĩa tư bản là gì? Tất cả những bất ổn mà cuộc cách mạng

này đang tạo ra có thể được tóm tắt trong một ý tưởng: sự chuyển đổi từ chủ nghĩa tư bản hàng hóa sang chủ nghĩa tư bản trí tuệ.

Sự giàu có ở thời Adam Smith được đo bằng hàng hóa. Giá cả hàng hóa biến động, nhưng trung bình giá hàng hóa đã giảm đều đặn trong 150 năm qua. Ngày nay, bạn có bữa sáng mà 100 năm trước vua nước Anh không thể có. Của ngon vật lạ từ khắp nơi trên thế giới hiện được bán thường xuyên tại các siêu thị. Sự sụt giảm của giá cả hàng hóa là do nhiều yếu tố, chẳng hạn như sản xuất hàng loạt tốt hơn, đóng gói bằng container, vận chuyển, thông tin liên lạc, và cạnh tranh.

(Ví dụ, những người trẻ tuổi ngày nay không hiểu vì sao Columbus lại liều mạng đi tìm con đường ngắn hơn để tiếp cận gia vị phương Đông. Tại sao ông không đi siêu thị, mua vài lá kinh giới cay? Ở thời của Columbus, gia vị và rau thơm cực kỳ đắt đỏ do át được mùi thức ăn thiu hỏng vì chưa có tủ lạnh. Ngay cả hoàng đế cũng phải ăn đồ thiu vào bữa tối. Không có ô tô, container hay xe lạnh để chuyên chở gia vị qua các đại dương.) Giá trị đến nỗi Columbus đánh cược cả mạng sống để có được, mặc dù ngày nay chúng được bán với giá rất rẻ.

Chủ nghĩa tư bản hàng hóa đang dần bị thay thế bởi chủ nghĩa tư bản trí tuệ. Tư bản trí tuệ bao gồm chính xác những gì robot và trí tuệ nhân tạo không thể cung cấp, nhận dạng mẫu và lẽ thường.

Như nhà kinh tế học MIT Lester Thurow đã nói: "Ngày nay, kiến thức và kỹ năng bản thân nó là nguồn duy nhất có lợi thế so sánh.... Thung lũng Silicon và Đường 128 có vị thế như hiện nay đơn giản vì đó là nơi tập trung trí tuệ. Những nơi này chẳng có gì khác."

Tại sao sự chuyển tiếp lịch sử này lại làm rung chuyển nền tảng của chủ nghĩa tư bản? Rất đơn giản, bộ não con người không thể được sản xuất hàng loạt. Trong khi phần cứng có thể được sản xuất hàng loạt và bán theo tấn, bộ não con người không thể, có nghĩa là cảm giác lẽ thường sẽ là tiền tệ của tương lai. Không giống như với hàng hóa, để tạo ra vốn trí tuệ, bạn phải nuôi dưỡng, vun đắp và giáo dục một con người, mất hàng thập kỷ nỗ lực cá nhân.

Như Thurow từng nói: "Khi mọi thứ khác bị rơi ra khỏi phương trình cạnh tranh, kiến thức đã trở thành nguồn lợi thế cạnh tranh bền vững lâu dài duy nhất."

Ví dụ, phần mềm sẽ ngày càng quan trọng hơn phần cứng. Chip máy tính sẽ được bán với số lượng lớn vì giá chip tiếp tục giảm, nhưng phần mềm phải được tạo ra theo cách cũ, bởi một kỹ sư lặng lẽ thiết kế. Ví dụ, các tệp được lưu trữ trong máy tính xách tay của bạn, có thể chứa các kế hoạch, bản thảo và dữ liệu có giá trị, có thể trị giá hàng trăm nghìn đô la, nhưng bản thân máy tính xách tay chỉ đáng giá vài trăm. Tất nhiên, phần mềm có thể dễ dàng được sao chép và sản xuất hàng loạt, nhưng việc tạo ra phần mềm mới thì không thể. Điều đó đòi hỏi suy nghĩ của con người.

Theo nhà kinh tế học người Anh Hamish McRae: "Năm 1991, nước Anh đã trở thành quốc gia đầu tiên kiếm được nhiều hơn từ các xuất khẩu dịch vụ vô hình hơn là từ hàng hóa hữu hình."

Trong khi tỷ trọng của nền kinh tế Mỹ đến từ sản xuất đã giảm đáng kể qua nhiều thập kỷ, ngành liên quan đến chủ nghĩa tư bản trí tuệ (phim Hollywood, ngành công nghiệp âm nhạc, trò chơi điện tử, máy tính, viễn thông...) đã tăng vọt. Sự dịch chuyển từ chủ nghĩa tư bản hàng hóa sang chủ nghĩa tư bản trí tuệ đến từ từ, bắt đầu từ thế kỷ trước, nhưng nó đang tăng tốc sau mỗi thập kỷ. Nhà kinh tế học Thurow của MIT viết: "Sau khi điều chỉnh lạm phát chung, giá tài nguyên thiên nhiên đã giảm gần 60% từ giữa những năm 1970 đến giữa những năm 1990."

Một số quốc gia hiểu rõ điều này. Nhật Bản trong thời kỳ hậu chiến là một ví dụ. Nhật Bản không có nguồn tài nguyên thiên nhiên dồi dào, nhưng họ là một trong những nền kinh tế lớn nhất thế giới. Sự giàu có của Nhật Bản ngày nay là một minh chứng cho sự siêng năng và đoàn kết của người dân, hơn là sự phong phú tài nguyên.

Thật không may, nhiều quốc gia không nắm bắt được thực tế cơ bản này và không chuẩn bị công dân cho tương lai, thay vào đó

chủ yếu dựa vào hàng hóa. Điều này có nghĩa là các quốc gia giàu tài nguyên và không hiểu nguyên tắc này có thể lâm vào nghèo đói trong tương lai.

SỰ PHÂN CHIA KỸ THUẬT SỐ

Một số người công khai chỉ trích cuộc cách mạng thông tin, nói rằng chúng ta sẽ có một mâu thuẫn mở rộng giữa "người giàu kỹ thuật số" và "người nghèo kỹ thuật số", đó là những người có quyền truy cập vào máy tính và những người không có. Họ cho rằng cuộc cách mạng này sẽ mở rộng những rạn nứt xã hội, dẫn đến sự chênh lệch mới về giàu có và bất bình đẳng có thể phá vỡ xã hội.

Nhưng đó chỉ là một cái nhìn hạn hẹp về thực tế của vấn đề. Với công suất xử lý tăng gấp đôi sau mỗi 18 tháng, ngay cả trẻ em nghèo cũng được tiếp cận với máy tính. Áp lực số đông và giá rẻ đã khuyến khích trẻ em nghèo sử dụng máy tính và Internet. Một số quỹ đã được thành lập để trang bị máy tính xách tay cho mỗi lớp học. Mặc dù đây là ý tưởng tốt, nhưng chương trình này bị coi là thất bại. Đầu tiên, máy tính xách tay thường bị quẳng vào một góc vì nhiều giáo viên loay hoay không biết cách dùng. Thứ hai, hầu hết các học sinh đã kết nối trực tuyến với bạn bè và chỉ đơn giản là bỏ qua các máy tính xách tay ở lớp học.

Vấn đề không phải là quyền truy cập. Vấn đề thực sự là việc làm. Thị trường việc làm đang trải qua một biến động lịch sử và những quốc gia tận dụng được điều này sẽ phát triển mạnh trong tương lai.

Chiến lược của các nước đang phát triển là sử dụng hàng hóa để xây dựng nền tảng vững chắc và sau đó sử dụng nền tảng đó làm bước đệm để chuyển sang chủ nghĩa tư bản trí tuệ. Ví dụ, Trung Quốc đã áp dụng thành công quy trình hai bước này: Trung Quốc đang xây dựng hàng ngàn nhà máy sản xuất hàng hóa cho thị trường thế giới, nhưng họ đang sử dụng lợi nhuận để tạo ra một khu vực dịch vụ được xây dựng trên chủ nghĩa tư bản trí tuệ. Tại Mỹ, 50% nghiên cứu sinh

ngành vật lý sinh ra ở nước ngoài (chủ yếu là vì Mỹ không có đủ sinh viên đáp ứng điều kiện). Họ phần lớn đến từ Trung Quốc và Ấn Độ. Một số trở về quê hương để gây dựng những ngành công nghiệp hoàn toàn mới.

NHỮNG CÔNG VIỆC KHÔNG ĐÒI HỎI KINH NGHIỆM

Một nạn nhân của quá trình chuyển đổi này sẽ là các công việc không đòi hỏi kinh nghiệm. Mỗi thế kỷ đều có những công nghệ mới ra đời gây nên sự xáo trộn trong nền kinh tế và cuộc sống của con người. Ví dụ, năm 1850, 65% lao động Mỹ làm việc trong các trang trại. (Ngày nay, con số này chỉ là 2,4%.) Điều này cũng sẽ đúng trong thế kỷ này.

Vào những năm 1800, các làn sóng mới những người nhập cư tràn ngập vào nước Mỹ, nền kinh tế khi đó đang phát triển đủ nhanh để chứa đựng lượng dân nhập cư này. Ví dụ ở New York, người nhập cư có thể tìm được việc làm trong ngành may mặc hoặc công nghiệp nhẹ. Bất kể trình độ học vấn, bất kỳ công nhân nào sẵn sàng làm một công việc lương thiện đều có thể tìm thấy việc làm trong một nền kinh tế mở rộng. Nó giống như một băng chuyền đưa những người nhập cư từ các khu người da đen và khu ổ chuột của châu Âu rồi đẩy họ vào tầng lớp trung lưu đang phát triển mạnh ở Mỹ.

Nhà kinh tế James Grant cho rằng: "Việc dịch chuyển tay chân và trí óc từ cánh đồng sang nhà máy, văn phòng và lớp học đều đóng góp vào sự tăng trưởng năng suất... Tiến bộ công nghệ là bức tường thành của nền kinh tế hiện đại. Hơn nữa, điều này luôn đúng trong hầu hết 200 năm qua."

Ngày nay, nhiều công việc không cần kinh nghiệm này đã biến mất. Hơn nữa, bản chất của nền kinh tế đã thay đổi. Nhiều công việc không đòi hỏi kinh nghiệm đã được các công ty tìm kiếm nhân công giá rẻ chuyển hướng ra nước ngoài. Công việc sản xuất tại nhà máy đã biến mất từ lâu.

Nhưng điều này lại khá trớ trêu. Trong nhiều năm, nhiều người kêu gọi một sân chơi bình đẳng, không có sự ưu ái hay phân biệt đối xử. Nhưng nếu công việc có thể được xuất khẩu chỉ với một nút bấm, thì sân chơi bình đẳng hiện nay sẽ mở rộng sang Trung Quốc và Ấn Độ. Vì vậy, các công việc không đòi hỏi kinh nghiệm, từng đưa người lao động đến tầng lớp trung lưu hiện nay có thể được xuất khẩu sang các nơi khác. Điều này là tốt cho người lao động ở nước ngoài, vì họ có thể hưởng lợi từ sân chơi bình đẳng, nhưng cũng có thể làm rỗng các đô thị Mỹ.

Người tiêu dùng cũng được hưởng lợi từ việc này. Sản phẩm và dịch vụ trở nên rẻ hơn cũng như sản xuất và phân phối sẽ hiệu quả hơn nếu có cạnh tranh toàn cầu. Đơn giản là việc cố gắng hỗ trợ các doanh nghiệp lạc hậu và những công việc được trả lương quá cao sẽ tạo ra sự tự mãn, lãng phí và không hiệu quả. Bảo trợ cho các ngành công nghiệp thất bại chỉ kéo dài điều tất yếu, làm chậm nỗi đau của sự sụp đổ, và thực sự làm cho mọi thứ trở nên tồi tệ hơn.

Có một điều trớ trêu khác. Nhiều công việc có mức lương cao, dịch vụ có tay nghề cao thiếu các ứng viên đủ điều kiện. Thông thường, hệ thống giáo dục không tạo ra đủ nhân lực lành nghề, vì vậy các công ty phải cam chịu nhận về một lực lượng lao động kém cỏi. Các doanh nghiệp khao khát nhân lực lành nghề mà hệ thống giáo dục thì lại thường không thể tạo ra. Ngay cả trong một nền kinh tế suy yếu, có những công việc mà luôn thiếu các công nhân có tay nghề.

Nhưng có một điều rõ ràng. Trong một nền kinh tế hậu công nghiệp, nhiều công việc lao động chân tay đã biến mất. Trong những năm qua, các nhà kinh tế học đã có ý tưởng "tái công nghiệp hoá nước Mỹ", cho đến khi nhận ra rằng không thể quay ngược thời gian. Nước Mỹ và châu Âu đã trải qua quá trình chuyển đổi từ một nền công nghiệp chủ yếu sang nền kinh tế dịch vụ từ nhiều thập kỷ trước và sự thay đổi lịch sử này không thể đảo ngược. Thời hoàng kim của công nghiệp hóa đã trôi qua, mãi mãi.

Thay vào đó, cần nỗ lực để định hướng và tái đầu tư vào những lĩnh vực tối đa hóa chủ nghĩa tư bản trí tuệ. Đây sẽ là nhiệm vụ khó khăn bậc nhất cho các chính phủ trong thế kỷ 21. Một mặt, nó dẫn đến một cuộc đại tu lớn của hệ thống giáo dục, để công nhân có thể đào tạo lại và học sinh trung học không học các ngành nghề ít việc làm. Chủ nghĩa tư bản trí tuệ không chỉ là công việc cho các lập trình viên và nhà khoa học phần mềm mà còn trong nhiều hoạt động liên quan đến sáng tạo, khả năng nghệ thuật, đổi mới, lãnh đạo và phân tích – tức lẽ thường. Lực lượng lao động phải được đào tạo để đáp ứng được những thách thức của thế kỷ 21, không phải để chìm nghỉm trong đó. Đặc biệt, chương trình khoa học phải được đại tu và giáo viên phải được đào tạo lại để trở nên phù hợp với xã hội công nghệ của tương lai. (Thật buồn khi ở Mỹ có câu nói: "Người được việc thì thành thợ. Người không được việc thì thành thầy.")

Như nhà kinh tế MIT Lester Thurow từng nói: "Thành công hay thất bại phụ thuộc vào việc một quốc gia có đang chuyển đổi thành công sang ngành công nghiệp nhân tạo của tương lai hay không – không phụ thuộc vào quy mô của bất kỳ lĩnh vực cụ thể nào."

Điều này có nghĩa là tạo ra một làn sóng các doanh nhân sáng tạo mới, những người sẽ tạo ra các ngành công nghiệp mới và sự giàu có mới từ những đổi mới công nghệ này. Năng lượng và sức sống của những người này phải được giải phóng. Họ phải được phép đưa đường hướng lãnh đạo mới vào thị trường.

NGƯỜI CHIẾN THẮNG VÀ KẺ THUA CUỘC: CÁC QUỐC GIA

Thật không may, hiện nay, nhiều quốc gia không đi theo con đường này, mà chỉ dựa vào chủ nghĩa tư bản hàng hóa. Khi giá cả hàng hóa trung bình đã giảm trong 150 năm qua, nền kinh tế của các quốc gia này co lại theo thời gian, do dần bị tụt hậu với thế giới.

Quá trình này là không thể tránh khỏi. Nhìn vào các ví dụ của Đức và Nhật Bản vào năm 1945, khi toàn bộ dân số trên đất nước đã

gần như chết đói, thành phố của họ bị tàn phá, và chính phủ sụp đổ. Trong một thế hệ, họ đã có thể diễu hành lên phía trước nền kinh tế thế giới. Nhìn vào Trung Quốc ngày hôm nay, với tỷ lệ tăng trưởng phi mã từ 8 đến 10%, đảo ngược 500 năm suy giảm kinh tế. Tuy từng bị coi là "Đông Á bệnh phu", nhưng trong một thế hệ nữa, họ sẽ gia nhập hàng ngũ các quốc gia phát triển.

Điều tạo nên sự khác biệt của ba xã hội này là mỗi xã hội đều gắn kết với nhau như một quốc gia, có những công dân chăm chỉ, và tạo ra những sản phẩm mà thế giới đổ xô mua. Các quốc gia này chú trọng vào giáo dục, thống nhất đất nước và con người, và phát triển kinh tế.

Như nhà kinh tế học và nhà báo Anh McRae viết: "Các động cơ tăng trưởng cũ – đất đai, vốn, tài nguyên thiên nhiên – không còn quan trọng nữa. Đất đai ít quan trọng do sự gia tăng sản lượng nông nghiệp dẫn đến cung vượt cầu. Vốn không còn quan trọng bởi luôn có sẵn gần như vô tận vốn đầu tư từ các thị trường quốc tế cho các dự án đem lại lợi nhuận... Những tài sản định lượng này, vốn từng làm cho các quốc gia trở nên giàu có, đang được thay thế bằng một loạt các đặc điểm định tính, bao gồm chất lượng, tổ chức, động lực và ý thức tự giác của người dân. Điều này có thể nhận thấy khi nhìn vào mức độ kỹ năng lao động đang trở nên quan trọng hơn trong sản xuất, dịch vụ khu vực tư nhân và khu vực công."

Tuy nhiên, không phải mọi quốc gia đều đi theo con đường này. Một số quốc gia lại do các nhà lãnh đạo không đủ năng lực điều hành, bị chia rẽ về mặt văn hóa và sắc tộc sâu sắc và không sản xuất hàng hóa theo nhu cầu của thế giới. Thay vì đầu tư vào giáo dục, họ đổ tiền vào quân đội và vũ khí để khủng bố nhân dân và duy trì đặc quyền của mình. Thay vì đầu tư vào cơ sở hạ tầng để đẩy nhanh quá trình công nghiệp hoá đất nước, họ nhúng tay vào tham nhũng và giữ quyền lực, tạo ra một chế độ đạo tặc, không phải là một chế độ công dân.

Đáng buồn thay, các chính phủ tham nhũng này đã lãng phí nhiều viện trợ do phương Tây cung cấp. Các nhà tương lai học Alvin và Heidi

Toffler lưu ý rằng giữa năm 1950 và 2000, các nước giàu đã viện trợ hơn một nghìn tỷ đô la cho các quốc gia nghèo. Nhưng "Ngân hàng Thế giới đã ra thông báo rằng gần 2,8 tỷ người – gần một nửa dân số của hành tinh này – vẫn sống với mức hai đô la một ngày hoặc ít hơn. Trong số này, khoảng 1,1 tỷ người sống trong cảnh nghèo đói cực đoan hoặc tuyệt đối dưới một đô la."

Tất nhiên, các quốc gia phát triển có thể làm nhiều hơn nữa để các quốc gia đang phát triển thoát nghèo thay vì những giúp đỡ mang tính hình thức. Nhưng xét cho cùng, trách nhiệm chính cho sự phát triển phải đến từ sự lãnh đạo khôn ngoan của chính các quốc gia đang phát triển. Như người xưa có câu: "Nếu cho tôi một con cá, tôi sẽ sống sót trong một ngày. Nếu dạy tôi cách câu cá, tôi sẽ được nuôi sống cả đời." Điều này có nghĩa thay vì chỉ đơn giản là viện trợ cho các quốc gia đang phát triển, nên tập trung vào giáo dục và giúp họ phát triển các ngành công nghiệp mới để họ tự tìm cách no đủ.

TẬN DỤNG KHOA HỌC

Các quốc gia đang phát triển có thể tận dụng lợi thế của cuộc cách mạng thông tin. Về nguyên tắc, họ có thể vượt qua các quốc gia phát triển trong nhiều lĩnh vực. Ở các nước phát triển, các công ty điện thoại phải đặt đường dây đến từng nhà hoặc nông trại với chi phí rất lớn. Tuy nhiên, một quốc gia đang phát triển không cần phải thiết lập đường dây trên toàn đất nước, vì công nghệ điện thoại di động có thể triển khai ở các khu vực nông thôn mà không có bất kỳ đường xá hay cơ sở hạ tầng nào.

Ngoài ra, các nước đang phát triển có lợi thế là họ không phải xây dựng lại cơ sở hạ tầng đã cũ. Ví dụ, các hệ thống tàu điện ngầm ở New York và London đã hơn một thế kỷ và rất cần được sửa chữa. Ngày nay, việc cải tạo các hệ thống ọp ẹp này sẽ tốn kém hơn so với xây dựng hệ thống mới từ đầu. Một quốc gia đang phát triển có thể quyết định xây dựng một hệ thống tàu điện ngầm mới với công nghệ tối tân, tận dụng

những cải tiến lớn về kim loại, kỹ thuật xây dựng và công nghệ. Một hệ thống tàu điện ngầm hoàn toàn mới có thể tốn ít hơn nhiều so với hệ thống của một thế kỷ trước.

Ví dụ, Trung Quốc đã có thể hưởng lợi từ những sai lầm ở các nước phương Tây khi xây dựng một thành phố từ đầu. Kết quả là, Bắc Kinh và Thượng Hải đang được xây dựng chỉ với một phần chi phí so với xây dựng một thành phố lớn ở phương Tây. Ngày nay, Bắc Kinh đang xây dựng một trong những hệ thống tàu điện ngầm lớn nhất, hiện đại nhất trên thế giới, được hưởng lợi từ tất cả các công nghệ máy tính được tạo ra ở phương Tây, để phục vụ dân số đô thị bùng nổ.

Internet là một lối tắt khác đến tương lai để các quốc gia đang phát triển không phạm phải tất cả những sai lầm ở phương Tây, đặc biệt là trong khoa học. Trước đây, các nhà khoa học ở các nước đang phát triển phải dựa vào một hệ thống bưu chính thô sơ để nhận được các tạp chí khoa học, thường là sau nhiều tháng tới một năm kể từ khi xuất bản, đấy là trong trường hợp chúng có thể đến nơi. Những tạp chí này đắt tiền và có tính chuyên môn cao, do đó chỉ có các thư viện lớn nhất mới có thể chi trả. Cộng tác với một nhà khoa học từ phương Tây gần như là không thể. Bạn phải độc lập giàu có, hoặc cực kỳ tham vọng, để có được một vị trí tại một trường đại học phương Tây làm việc theo một nhà khoa học nổi tiếng. Ngày nay, một nhà khoa học ít tiếng tăm nhất cũng có thể truy cập miễn phí các bài báo khoa học trong vòng chưa đến một giây sau khi chúng được đăng trên Internet, từ hầu hết mọi nơi trên thế giới. Và, thông qua Internet, bạn có thể cộng tác với các nhà khoa học phương Tây chưa từng gặp mặt.

TƯƠNG LAI RỘNG MỞ CHO NHỮNG AI BIẾT NẮM BẮT

Tương lai đang rộng mở. Như chúng ta đã đề cập, Thung lũng Silicon có thể trở thành Vành đai Rỉ sét tiếp theo trong những thập kỷ tới, khi thời đại silic trôi qua và ngọn đuốc được trao cho nhà sáng tạo tiếp theo. Quốc gia nào sẽ dẫn đầu trong tương lai? Trong thời kỳ Chiến

tranh Lạnh, các cường quốc có thể vận dụng ảnh hưởng quân sự trên khắp thế giới. Nhưng sự tan rã của Liên Xô đã cho thấy trong tương lai các quốc gia vươn lên dẫn đầu sẽ là những quốc gia có nền kinh tế vững mạnh, điều này phụ thuộc vào việc vun trồng và nuôi dưỡng khoa học và công nghệ.

Vậy ai sẽ là người lãnh đạo của ngày mai? Đó là các quốc gia thực sự nắm bắt được thực tế này. Ví dụ, Mỹ đã duy trì sự thống trị trong khoa học và công nghệ mặc dù thực tế là các sinh viên Mỹ thường đạt điểm thấp nhất trong các môn học thiết yếu như khoa học và toán học. Ví dụ, điểm kiểm tra trình độ vào năm 1991, cho thấy học sinh 13 tuổi ở Mỹ xếp hạng thứ mười lăm trong toán học và thứ mười bốn trong khoa học, ngay trên sinh viên Jordan, đứng thứ mười tám ở cả hai môn học. Các cuộc kiểm tra hàng năm xác nhận những con số đáng buồn này. (Cũng nên chỉ ra rằng xếp hạng này tương ứng với số ngày mà học sinh đến trường. Trung Quốc xếp thứ nhất, trung bình 251 ngày giảng dạy mỗi năm, trong khi ở Mỹ trung bình chỉ 178 ngày mỗi năm.)

Đây dường như là một bí ẩn, mặc cho những con số tệ hại này, Mỹ tiếp tục là cường quốc về khoa học và công nghệ, cho đến khi bạn nhận ra rằng phần lớn khoa học của Mỹ đến từ nước ngoài, dưới dạng "chảy máu chất xám". Mỹ có một vũ khí bí mật, H1B được gọi là thị thực thiên tài. Nếu bạn có thể chứng minh mình có tài năng đặc biệt, tài nguyên hay kiến thức khoa học, bạn có thể tiến lên phía trước và nhận được visa H1B. Điều này đã liên tục nâng xếp hạng khoa học của Mỹ. Ví dụ, có khoảng 50% người làm việc tại Thung lũng Silicon sinh ra ở nước ngoài, nhiều người đến từ Đài Loan và Ấn Độ. Trên toàn nước Mỹ, 50% nghiên cứu sinh ngành vật lý là người sinh ra ở nước ngoài. Tại trường đại học của tôi, Đại học Thành phố New York, con số này gần như là 100% .

Một số nghị sĩ đã cố gắng bãi bỏ H1B vì họ cho rằng loại thị thực này lấy mất việc làm của người Mỹ, nhưng họ không hiểu vai trò thực sự của thị thực này. Thông thường, không có người Mỹ nào

đủ điều kiện nhận các công việc cấp cao nhất ở Thung lũng Silicon, như chúng ta thường thấy. Thực tế này là rõ ràng khi cựu Thủ tướng Gerhard Schroeder cố gắng thông qua một luật nhập cư H1B tương tự cho Đức, nhưng thất bại bởi những người cho rằng điều này sẽ lấy việc làm từ người gốc Đức. Một lần nữa, các nhà phê bình không hiểu rằng thường không có đủ người Đức để lấp đầy những công việc cấp cao này, dẫn đến những công việc này thiếu nhân lực. Những người nhập cư H1B không lấy đi việc làm, họ tạo ra toàn bộ ngành công nghiệp mới.

Nhưng H1B chỉ là một biện pháp tạm thời. Nước Mỹ không thể tiếp tục sống với các nhà khoa học nước ngoài, nhiều người trong số họ đang bắt đầu trở lại Trung Quốc và Ấn Độ khi nền kinh tế của họ được cải thiện. Vì vậy, chảy máu chất xám là không bền vững. Mỹ cuối cùng sẽ phải đại tu hệ thống giáo dục cũ kỹ, cứng nhắc của mình. Hiện nay, học sinh trung học kém chuẩn tràn ngập thị trường việc làm và các trường đại học, tạo ra một sự tắc nghẽn. Các nhà tuyển dụng liên tục phàn nàn rằng phải mất cả năm đào tạo để các nhân viên mới bắt kịp tốc độ. Và các trường đại học phải chịu gánh nặng, lập ra các khóa học cải thiện để bù lại hệ thống giáo dục trung học kém cỏi.

May mắn thay, các trường đại học và doanh nghiệp cuối cùng cũng hết lòng khắc phục những thiệt hại do hệ thống trung học gây ra, nhưng đây là một sự lãng phí thời gian và tài năng. Để Mỹ duy trì tính cạnh tranh trong tương lai, phải có những thay đổi cơ bản trong hệ thống trường tiểu học và trung học.

Công bằng mà nói, Mỹ vẫn có những lợi thế đáng kể. Tôi từng dự một bữa tiệc cocktail tại Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên Hoa Kỳ ở New York và gặp một doanh nhân công nghệ sinh học từ Bỉ. Tôi hỏi tại sao ông lại ra đi, mặc dù Bỉ cũng có ngành công nghệ sinh học rất mạnh. Ông nói rằng ở châu Âu, thường thì bạn không có cơ hội thứ hai. Vì mọi người biết bạn và gia đình bạn là ai, nếu bạn phạm sai lầm, bạn có thể xong đời. Sai lầm của bạn sẽ đi theo bạn, bất kể bạn đang ở

đâu. Nhưng ông nói, tại Mỹ, bạn có thể liên tục làm lại cuộc đời. Mọi người không quan tâm tổ tiên của bạn là ai. Họ chỉ quan tâm những gì bạn có thể làm cho họ bây giờ, hôm nay. Điều này đã tạo nên sự đổi mới, ông nói, và đó cũng là một lý do lôi kéo các nhà khoa học châu Âu khác chuyển đến Mỹ.

BÀI HỌC TỪ SINGAPORE

Người phương Tây có câu "Xe có kêu cót két mới được tra dầu", nghĩa là người nào phàn nàn to nhất sẽ được chú ý. Nhưng ở phương Đông, có một câu nói khác: "Cái đinh rơi ra sẽ bị đóng trở lại", ý nói ai chơi trội sẽ phải tội với tập thể. Hai cách nói này ngược nhau, nhưng thể hiện đặc tính cơ bản của tư tưởng phương Tây và phương Đông.

Ở châu Á, học sinh, sinh viên thường có điểm kiểm tra cao hơn so với bạn bè phương Tây. Tuy nhiên, phần lớn chương trình học tập là học thuộc lòng những lý thuyết suông, nó sẽ đưa bạn đến một mức độ nhất định. Để đạt được trình độ khoa học và công nghệ cao hơn, bạn cần sáng tạo, óc tưởng tượng và cách tân, thứ mà hệ thống phương Đông không nuôi dưỡng. Vì vậy, mặc dù Trung Quốc có thể bắt kịp phương Tây khi tạo ra hàng nhái rẻ tiền, nhưng rồi sẽ bị tụt hậu nhiều thập kỷ sau phương Tây trong quá trình sáng tạo phát minh ra các sản phẩm và chiến lược mới.

Tôi đã từng nói chuyện tại một hội nghị ở Ả-rập Xê-út, tại đó có một diễn giả khác là Lý Quang Diệu, thủ tướng Singapore từ năm 1959 đến năm 1990. Ông như một ngôi sao nhạc rock trong số các quốc gia đang phát triển, vì đã tạo dựng nên quốc gia Singapore hiện đại, nằm trong số các quốc gia hàng đầu về khoa học. Trên thực tế, Singapore là quốc gia giàu thứ năm trên thế giới, nếu bạn tính tổng sản phẩm quốc nội trên đầu người. Khán giả đã rất chăm chú khi nghe mọi lời từ nhân vật huyền thoại này.

Ông hồi tưởng về những ngày đầu sau chiến tranh, khi Singapore được xem như một cảng nước ngầm nổi tiếng với các vụ cướp biển,

buôn lậu, thủy thủ say rượu và các hoạt động không mong muốn khác. Tuy nhiên, một nhóm các cộng sự của ông đã mơ ước ngày mà hải cảng nhỏ bé này có thể cạnh tranh với phương Tây. Singapore không có nguồn tài nguyên thiên nhiên đáng kể, nguồn lực lớn nhất của họ chính là con người, những người chăm chỉ và có kỹ năng. Nhóm của ông bắt tay vào một hành trình đáng tự hào, đưa quốc gia đang ngủ quên này trở thành một cường quốc khoa học trong vòng một thế hệ. Đây có lẽ là một trong những trường hợp thú vị nhất về kỹ thuật xã hội trong lịch sử.

Ông và đảng của mình đã bắt đầu một quá trình cách mạng hóa có hệ thống toàn bộ đất nước, nhấn mạnh khoa học, giáo dục và tập trung vào các ngành công nghiệp công nghệ cao. Chỉ trong vài thập kỷ, Singapore đã tạo ra một nhóm lớn các kỹ thuật viên có trình độ cao, giúp quốc gia này trở thành một trong những nhà xuất khẩu hàng đầu về thiết bị điện tử, hoá chất và thiết bị y sinh. Năm 2006, Singapore sản xuất 10% sản lượng đĩa bán dẫn cho máy tính trên toàn thế giới.

Ông cũng thừa nhận có một số vấn đề trong quá trình hiện đại hóa đất nước. Để thực thi trật tự xã hội, họ áp dụng luật pháp hà khắc, cấm tất cả mọi thứ từ khạc nhổ trên đường phố (trừng phạt bằng roi) đến buôn bán ma túy (tử hình). Nhưng ông cũng nhận thấy một điều quan trọng. Ông thấy các nhà khoa học hàng đầu rất háo hức đến thăm Singapore, nhưng chỉ một số ít ở lại. Sau đó, ông đã phát hiện ra một lý do: không có tiện nghi văn hóa và sự hấp dẫn nào giữ họ ở lại Singapore. Điều này đã cho ông ý tưởng tiếp theo: tạo ra mọi lợi ích văn hóa của một quốc gia hiện đại (các đoàn vũ kịch, dàn nhạc giao hưởng...) để các nhà khoa học hàng đầu sẽ đóng rễ tại Singapore. Hầu như chỉ qua một đêm, các tổ chức văn hóa và sự kiện đã mọc lên trên khắp đất nước như một mồi nhử để giữ cho giới tinh hoa khoa học neo đậu ở đó.

Tiếp theo, ông cũng nhận ra rằng trẻ em Singapore chỉ học vẹt, không thách thức những kiến thức phổ thông và tạo ra những ý tưởng

mới. Ông nhận ra rằng phương Đông sẽ mãi mãi đi sau các nước phương Tây nếu như chỉ dừng lại ở mức tạo ra các nhà khoa học chỉ có thể sao chép ý tưởng. Vì vậy, ông đã phát động một cuộc cách mạng trong giáo dục: những sinh viên sáng tạo sẽ được chọn và theo đuổi ước mơ của họ theo một chương trình riêng tùy chọn. Nhận ra rằng một người như Bill Gates hay Steve Jobs sẽ bị nghiền nát bởi hệ thống giáo dục nghẹt thở của Singapore đương thời, ông yêu cầu các giáo viên xác định một cách có hệ thống các thiên tài tương lai có thể hồi sinh nền kinh tế với trí tưởng tượng khoa học của họ.

Bài học của Singapore không dành cho mọi quốc gia. Đây là một thành phố kiêm đất nước nhỏ, nơi mà một số ít người nhìn xa trông rộng có thể thực thi xây dựng quốc gia có kiểm soát. Và không phải ai cũng muốn bị đánh bằng roi khi khạc nhổ trên đường phố. Tuy nhiên, nó cho bạn thấy những gì bạn có thể làm nếu muốn bước lên trên hàng đầu một cách có hệ thống trong cuộc cách mạng thông tin.

THÁCH THỨC CHO TƯƠNG LAI

Tôi đã từng đến Viện Cao học tại Princeton, và ăn trưa với Freeman Dyson. Ông nhớ lại sự nghiệp khoa học lâu dài của mình và sau đó đề cập đến một thực tế đáng lo ngại. Trước chiến tranh, khi còn là sinh viên đại học trẻ tuổi ở Anh, ông nhận thấy những cá nhân tài giỏi nhất của nước Anh đã quay lưng lại với các ngành khoa học khó, như vật lý và hóa học, và đi theo các ngành tài chính và ngân hàng. Trong khi thế hệ trước tạo ra của cải, nhờ các nhà máy điện và hóa học, phát minh ra những cỗ máy cơ điện mới, thế hệ tiếp theo đã say mê trong việc vuốt ve và quản lý tiền của người khác. Ông than thở rằng đó là một dấu hiệu của sự suy tàn của Đế quốc Anh. Nước Anh không thể duy trì được vị thế của mình trên một nền khoa học đổ nát.

Rồi ông đã nói một điều khiến tôi chú ý.

Ông nói đã nhìn thấy điều này lần thứ hai trong cuộc đời mình. Những người giỏi nhất tại Princeton không còn giải quyết các vấn đề

khó trong vật lý và toán học mà đã bị thu hút vào các công việc như đầu tư ngân hàng. Ông cho rằng, một lần nữa đây có thể là dấu hiệu của sự suy thoái, khi các nhà lãnh đạo quốc gia không thể ủng hộ những phát minh và công nghệ vốn đã làm cho xã hội của họ trở nên vĩ đại.

Đây chính là thách thức của chúng ta cho tương lai.

Nhân loại hiện nay đang sống ở khoảng giữa ba hoặc bốn thế kỷ được xem là phi thường nhất trong lịch sử nhân loại.

—JULIAN SIMON

Nơi nào không có tầm nhìn, con người sẽ biến mất.

—PROVERBS 29:18

8 TƯƠNG LAI CỦA NHÂN LOẠI *Nền văn minh hành tinh*

Trong thần thoại, các vị thần sống trong sự huy hoàng thiêng liêng của thiên đàng, vượt xa những vấn đề tầm thường của con người nơi trần thế. Các vị thần Hy Lạp dạo bước trong miền trời của đỉnh Olympus, trong khi các vị thần Bắc Âu, những người đã chiến đấu vì danh dự và vinh quang vĩnh cửu sẽ ăn mừng trong các Thánh Điện Valhalla với linh hồn của các chiến binh đã tử trận. Nhưng nếu vận mệnh của chúng ta là đạt được sức mạnh của các vị thần vào cuối thế kỷ này, nền văn minh của chúng ta sẽ như thế nào vào năm 2100? Tất cả sự đổi mới công nghệ này sẽ đưa nền văn minh của chúng ta về đâu?

Tất cả các cuộc cách mạng công nghệ được mô tả trong cuốn sách này dẫn đến một điểm duy nhất: sự hình thành nền văn minh hành tinh. Sự chuyển đổi này có lẽ là lớn nhất trong lịch sử nhân loại. Trên thực tế, những người đang sống ở thời đại hiện nay đóng vai trò quan trọng nhất từ trước đến nay, vì họ sẽ xác định liệu con người có đạt được mục tiêu này hay rơi vào hỗn loạn hay không. Con người đã trải qua khoảng 5.000 thế hệ trên bề mặt Trái đất kể từ lần đầu tiên xuất hiện ở châu Phi khoảng 100.000 năm trước và trong số đó, những người sống trong thế kỷ này cuối cùng sẽ xác định số phận của nhân loại.

Trừ khi có một thảm họa tự nhiên hoặc một số hành động điên rồ tai hại nào đó, việc bước vào giai đoạn lịch sử chung này của loài người là điều không thể tránh khỏi. Chúng ta có thể thấy điều này rõ ràng nhất khi phân tích lịch sử năng lượng.

XẾP HẠNG CÁC NỀN VĂN MINH

Với các sử gia, lịch sử được nhìn qua lăng kính của kinh nghiệm và sự điên rồ của con người, đó là, thông qua việc cai trị của các hoàng đế, sự gia tăng của các phong trào xã hội và sự phổ biến ý tưởng. Ngược lại, các nhà vật lý lại nhìn nhận lịch sử theo một cách khác.

Các nhà vật lý xếp hạng mọi thứ theo năng lượng tiêu thụ, ngay cả nền văn minh của con người cũng vậy. Khi áp dụng cho lịch sử nhân loại, chúng ta thấy rằng trong suốt vô số thiên niên kỷ, năng lượng của chúng ta bị giới hạn ở 1/5 mã lực, sức mạnh của bàn tay, và do đó chúng ta sống cuộc sống du mục trong các bộ lạc nhỏ, lang thang, tìm kiếm thức ăn trong môi trường khó khăn khắc nghiệt. Hàng chục ngàn năm trước, chúng ta không khác gì loài sói. Không có ghi chép bằng văn bản nào, chỉ những câu chuyện được truyền lại từ thế hệ này sang thế hệ khác bên lửa trại. Cuộc sống ngắn ngủi và tàn bạo, với tuổi thọ trung bình từ 18 đến 20 năm. Toàn bộ tài sản là bất cứ thứ gì con người có thể mang theo. Hầu hết trong suốt cuộc đời, con người luôn khốn khổ vì cơn đói. Sau khi chết, con người không để lại dấu vết nào về sự tồn tại của mình trên đời.

Nhưng cách đây 10.000 năm, một sự kiện kỳ diệu đã xảy ra khiến nền văn minh chuyển động: Kỷ Băng hà kết thúc. Vì những lý do mà chúng ta vẫn chưa hiểu hết, hàng ngàn năm băng hà đã kết thúc. Điều này đã mở đường cho sự phát triển của nông nghiệp. Ngựa và bò đã sớm được thuần hóa, nâng công suất của con người lên một mã lực. Bây giờ một người có thể thu hoạch vài mẫu đất nông nghiệp, mang lại nguồn lương thực dư thừa, khiến dân số mở rộng nhanh chóng. Với việc thuần hóa động vật, con người không còn dựa chủ yếu vào săn bắt

động vật, những ngôi làng và thành trì ổn định đầu tiên bắt đầu vươn lên từ rừng núi và đồng bằng.

Sự giàu có vượt bậc được tạo ra nhờ cách mạng nông nghiệp đã sinh ra những phương cách tài tình để duy trì và mở rộng sự giàu có này. Toán học và văn bản được tạo ra để đo đếm của cải, lịch để theo dõi thời điểm trồng và thu hoạch, người ghi chép sổ sách theo dõi sự thặng dư và tính thuế. Của cải dư thừa này dẫn đến sự hình thành các đội quân lớn, đế chế, chế độ nô lệ và các nền văn minh cổ đại.

Cuộc cách mạng tiếp theo diễn ra khoảng 300 năm trước, với sự xuất hiện của cuộc Cách mạng Công nghiệp. Đột nhiên, của cải tích lũy của một cá nhân không chỉ là sản phẩm thủ công và dùng sức ngựa mà là sản phẩm của những cỗ máy thông qua sản xuất hàng loạt.

Động cơ hơi nước có thể cấp năng lượng cho máy móc và đầu máy xe lửa mạnh mẽ, do đó tạo ra của cải từ các nhà máy, nhà xưởng và hầm mỏ, không chỉ từ các cánh đồng. Nông dân, chạy trốn khỏi nạn đói định kỳ và sự vất vả của công việc đồng áng nặng nhọc, đổ xô đến các thành phố, tạo ra tầng lớp công nhân. Thợ rèn và thợ làm xe kéo được thay thế bằng các công nhân xe hơi. Với sự ra đời của động cơ đốt trong, một người có thể điều khiển hàng trăm mã lực. Tuổi thọ trung bình bắt đầu tăng, đạt tới 49 năm ở Mỹ vào năm 1900.

Cuối cùng, chúng ta đang ở trong làn sóng thứ ba, nơi của cải được tạo ra từ thông tin. Sự giàu có của các quốc gia hiện nay được đo bằng các electron luân chuyển trên khắp thế giới bằng cáp quang và vệ tinh, cuối cùng nhảy múa trên các màn hình máy tính Phố Wall và các thủ đô tài chính khác. Khoa học, thương mại và giải trí di chuyển với tốc độ ánh sáng, đem lại thông tin vô hạn mọi lúc, mọi nơi.

NỀN VĂN MINH LOẠI I, II, III

Sự gia tăng năng lượng theo cấp số nhân này sẽ tiếp tục thế nào trong nhiều thế kỷ và hàng nghìn năm tới? Khi các nhà vật lý cố gắng phân

tích các nền văn minh, chúng tôi xếp hạng chúng dựa trên năng lượng mà chúng tiêu thụ. Bảng xếp hạng này lần đầu tiên được giới thiệu vào năm 1964 bởi nhà vật lý thiên văn người Nga Nikolai Kardashev, người quan tâm đến việc dò các tín hiệu từ các nền văn minh tiên tiến ngoài không gian trên bầu trời đêm.

Không bằng lòng với các định nghĩa mơ hồ về "nền văn minh ngoài Trái đất", Nikolai Kardashev đã giới thiệu một thang định lượng cho các nhà thiên văn học. Ông nhận ra rằng các nền văn minh ngoài Trái đất có thể khác nhau về mặt văn hóa, xã hội, chính quyền... nhưng có một thứ mọi nền văn minh phải tuân theo: các định luật vật lý. Và từ Trái đất, có một thứ chúng ta quan sát và đo lường được, sẽ phân chia các nền văn minh này thành các loại khác nhau: mức tiêu thụ năng lượng.

Vì vậy, ông đã đề xuất ba loại lý thuyết: Nền văn minh loại I là nền văn minh hành tinh, tiêu thụ một phần ánh sáng mặt trời chiếu xuống, tương đương khoảng 10^{17} watt. Nền văn minh loại II là nền văn minh sao, tiêu thụ tất cả năng lượng mà mặt trời của chúng phát ra, tương đương 10^{27} watt. Nền văn minh loại III là nền văn minh thiên hà, tiêu thụ năng lượng của hàng tỷ ngôi sao, hay khoảng 10^{37} watt.

Ưu điểm của phân loại này là chúng ta có thể định lượng sức mạnh của mỗi nền văn minh thay vì các khái quát hóa mơ hồ và lộn xộn. Biết được công suất của các thiên thể này, chúng ta có thể đặt những giới hạn định lượng trên mỗi đối tượng khi quét bầu trời.

Mỗi loại được phân cách bởi hệ số 10 tỷ: một nền văn minh loại III tiêu thụ năng lượng nhiều hơn 10 tỷ lần so với nền văn minh loại II (vì có khoảng 10 tỷ ngôi sao trở lên trong một thiên hà), do đó tiêu thụ năng lượng nhiều hơn 10 tỷ lần một nền văn minh loại I.

Theo cách phân loại này, nền văn minh hiện tại của chúng ta thuộc loại 0. Chúng ta thậm chí không được đánh giá theo thang này, vì chúng ta lấy năng lượng từ các cây chết, tức là từ dầu mỏ và than đá. (Carl Sagan, khi khái quát hóa phân loại này, đã cố gắng ước tính chính

xác vị trí xếp hạng của chúng ta trên thang vũ trụ này. Tính toán của ông cho thấy chúng ta thực sự là một nền văn minh loại 0,7.)

Trên thang điểm này, chúng ta cũng có thể phân loại các nền văn minh đã thấy trong khoa học viễn tưởng. Nền văn minh loại I điển hình sẽ là nền văn minh của Buck Rogers hay Flash Gordon, sử dụng nguồn năng lượng của toàn bộ hành tinh. Họ kiểm soát được mọi nguồn năng lượng hành tinh, vì vậy họ có thể kiểm soát hoặc thay đổi thời tiết theo ý muốn, khai thác sức mạnh của một cơn bão, hoặc có các thành phố trên đại dương. Mặc dù họ đi lang thang trên bầu trời trong các tên lửa, công suất năng lượng của họ vẫn còn phần lớn bị giới hạn trong phạm vi một hành tinh.

Nền văn minh Loại II có thể bao gồm Liên đoàn Hành tinh Liên bang trong phim *Du hành giữa các vì sao* (không có động cơ warp drive – động cơ đẩy tàu vũ trụ cho phép ta có thể du hành nhanh hơn ánh sáng), có thể chiếm khoảng 100 ngôi sao gần đó. Công nghệ của họ hầu như không thể điều khiển toàn bộ năng lượng của một ngôi sao.

Nền văn minh loại III có thể là Đế quốc trong phim *Chiến tranh giữa các vì sao*, hoặc có lẽ là Borg trong loạt phim *Du hành giữa các vì sao*, cả hai đều đã chiếm giữ phần lớn của một thiên hà, bao gồm hàng tỷ hệ sao. Họ có thể đi khắp các làn không gian thiên hà theo ý muốn.

(Mặc dù thang Kardashev phân loại dựa trên các hành tinh, ngôi sao và các thiên hà, chúng ta nên chỉ ra khả năng tồn tại một nền văn minh loại IV có lượng năng lượng từ các nguồn ngoài thiên hà. Nguồn năng lượng duy nhất được biết ngoài thiên hà của chúng ta là năng lượng tối, chiếm 73% vật chất và năng lượng của vũ trụ, trong khi thế giới của các ngôi sao và thiên hà chỉ chiếm 4% vũ trụ. Một ứng cử viên cho nền văn minh loại IV có thể là chủng Q thần thánh trong loạt phim *Du hành giữa các vì sao*, có sức mạnh phi thường.)

Chúng ta có thể sử dụng phân loại này để tính toán khi nào có thể đạt được chúng. Giả sử nền văn minh thế giới phát triển với tốc độ 1% tổng GDP mỗi năm. Đây là một giả định hợp lý khi chúng ta lấy

trung bình trong vài thế kỷ qua. Theo giả định này, phải mất khoảng 2.500 năm để chuyển từ bậc nền văn minh này sang nền văn minh tiếp theo. Tỷ lệ tăng trưởng 2% sẽ cho giai đoạn chuyển tiếp 1.200 năm.

Nhưng chúng ta cũng có thể tính toán hành tinh của chúng ta phải mất bao lâu để đạt được loại I. Mặc dù kinh tế suy thoái và mở rộng, bùng nổ và phá sản, chúng ta có thể ước tính bằng toán học rằng con người sẽ đạt được Loại I trong khoảng 100 năm, với tốc độ tăng trưởng kinh tế trung bình hiện nay.

TỪ NỀN VĂN MINH LOẠI 0 ĐẾN NỀN VĂN MINH LOẠI I

Chúng ta thấy bằng chứng về sự dịch chuyển từ nền văn minh loại 0 sang nền văn minh loại I mỗi khi mở một tờ báo. Nhiều tiêu đề có thể khiến các cơn chuyển dạ của nền văn minh loại I hiện ra trước mắt.

- Internet là khởi đầu của hệ thống viễn thông của nền văn minh loại I. Lần đầu tiên trong lịch sử, một người trên một lục địa có thể dễ dàng trao đổi thông tin không giới hạn với một người khác ở một lục địa khác. Trên thực tế, nhiều người đã cảm thấy họ có nhiều điểm chung với một người nào đó ở phía bên kia của thế giới hơn là với người hàng xóm ngay bên cạnh họ. Quá trình này sẽ chỉ tăng tốc khi các quốc gia đặt nhiều cáp quang hơn và khởi động nhiều vệ tinh truyền thông hơn. Quá trình này cũng không thể dừng lại được. Ngay cả nếu tổng thống Mỹ có cố gắng cấm Internet, ông ấy rồi sẽ nhận được sự cười nhạo. Có gần một tỷ máy tính cá nhân trên thế giới ngày nay, và gần một phần tư nhân loại truy cập Internet ít nhất một lần.
- Một số ít các ngôn ngữ, đứng đầu là tiếng Anh, tiếp theo là tiếng Hoa, đang nhanh chóng nổi lên như là ngôn ngữ loại I trong tương lai. Ví dụ trên World Wide Web, 29% khách truy cập đăng nhập bằng tiếng Anh, tiếp theo là 22% bằng tiếng Hoa, 8% bằng tiếng Tây Ban Nha, 6% bằng tiếng Nhật và 5% bằng tiếng Pháp. Tiếng Anh trên thực tế đã là ngôn ngữ toàn cầu của khoa học, tài

chính, kinh doanh và giải trí. Tiếng Anh là ngôn ngữ thứ hai được dùng phổ biến trên thế giới. Cho dù đi du lịch ở đâu, tôi thấy rằng tiếng Anh đã nổi lên như là một ngôn ngữ chung. Ví dụ ở châu Á, người Việt Nam, Nhật Bản và Trung Quốc sử dụng tiếng Anh trong các cuộc họp để giao tiếp. Theo Michael E. Krauss, trước đây làm việc tại Trung tâm Ngôn ngữ bản địa của Đại học Alaska, hiện nay có khoảng 6.000 ngôn ngữ giao tiếp trên Trái đất, và 90% trong số đó dự kiến sẽ biến mất trong những thập kỷ tới. Cuộc cách mạng viễn thông đang đẩy nhanh quá trình này, vì những người sống ở các vùng xa xôi nhất trên thế giới đều được tiếp xúc với tiếng Anh. Điều này cũng sẽ thúc đẩy phát triển kinh tế khi xã hội của họ được hội nhập sâu hơn với nền kinh tế thế giới, qua đó nâng cao mức sống và hoạt động kinh tế. Một số người sẽ phàn nàn rằng một số ngôn ngữ sẽ không còn được sử dụng. Nhưng mặt khác, cuộc cách mạng máy tính sẽ đảm bảo rằng những ngôn ngữ này không bị mất đi. Người bản xứ sẽ thêm ngôn ngữ và văn hóa của họ vào Internet, tại đó chúng sẽ tồn tại mãi mãi.

- Chúng ta đang chứng kiến sự ra đời của một nền kinh tế hành tinh. Sự trỗi dậy của Liên minh châu Âu và các khối thương mại khác thể hiện sự trỗi dậy của một nền kinh tế loại I. Trong lịch sử, các dân tộc ở châu Âu đã chiến đấu đẫm máu với các quốc gia lân cận trong hàng ngàn năm. Ngay cả sau sự sụp đổ của Đế chế La Mã, họ vẫn tiếp tục giết hại nhau, cuối cùng trở thành các quốc gia phong kiến của châu Âu. Nhưng ngày nay, những đối thủ xưa kia đã đột nhiên nhóm họp lại để thành lập Liên minh châu Âu, đại diện cho sự tập trung của cải lớn nhất trên hành tinh. Lý do các quốc gia này đột ngột bỏ qua các đối thủ truyền kiếp của mình là để cạnh tranh với nền kinh tế hùng hậu của các quốc gia ký Hiệp định Thương mại Tự do Bắc Mỹ (NAFTA). Trong tương lai, chúng ta sẽ chứng kiến nhiều khối kinh tế hình thành, vì các

quốc gia nhận ra rằng họ không thể duy trì tính cạnh tranh trừ khi họ tham gia các khối giao dịch sinh lợi.

Chúng ta thấy bằng chứng rõ ràng về việc này khi phân tích cuộc suy thoái lớn năm 2008. Chỉ trong vài ngày, sóng xung kích phát ra từ Phố Wall gợn sóng qua các hội trường tài chính của London, Tokyo, Hồng Kông và Singapore. Ngày nay, chúng ta sẽ không thể hiểu được kinh tế của một quốc gia nếu không nắm bắt được xu hướng ảnh hưởng đến nền kinh tế thế giới.

- Chúng ta đang thấy sự trỗi dậy của tầng lớp trung lưu hành tinh. Hàng trăm triệu người ở Trung Quốc, Ấn Độ, và các nơi khác đang bước vào hàng ngũ đó, có lẽ là biến động xã hội lớn nhất trong nửa thế kỷ qua. Tầng lớp này hiểu biết về các xu hướng văn hóa, giáo dục và kinh tế ảnh hưởng đến hành tinh. Trọng tâm của tầng lớp trung lưu hành tinh này không phải là chiến tranh, tôn giáo, hay các tiêu chuẩn đạo đức chặt chẽ, mà là sự ổn định chính trị, xã hội và hàng tiêu dùng. Niềm đam mê ý thức hệ và bộ lạc gắn với tổ tiên có thể còn rất ít ý nghĩa khi mục tiêu của họ là có một ngôi nhà ở ngoại ô với hai chiếc xe. Trong khi tổ tiên của họ làm lễ kỷ niệm ngày con trai mình lên đường ra trận, thì một trong những mối quan tâm chính thế hệ hôm nay là cho con trường tốt. Và đối với những kẻ nhìn người khác bằng ánh mắt ghen tỵ, họ sẽ tự hỏi khi nào thì thời của mình sẽ đến. Kenichi Ohmae, một cựu đối tác cao cấp của McKinsey & Company, viết: “Mọi người chắc chắn sẽ bắt đầu nhìn quanh và tự hỏi tại sao họ không thể có những gì người khác có. Quan trọng không kém, họ sẽ bắt đầu hỏi tại sao họ không thể có nó trong quá khứ.”
- Nền kinh tế, chứ không phải vũ khí, là tiêu chí mới cho một siêu cường. Sự trỗi dậy của EU và NAFTA nhấn mạnh một điểm quan trọng: với sự kết thúc của Chiến tranh Lạnh, rõ ràng là một cường quốc thế giới có thể duy trì vị thế thống trị của mình chủ yếu thông qua sức mạnh kinh tế. Cuộc chiến tranh hạt nhân đơn

giản là quá nguy hiểm, vì vậy chính kinh tế có thể sẽ đóng vai trò then chốt quyết định số phận của các quốc gia. Một yếu tố góp phần vào sự sụp đổ của Liên Xô là áp lực kinh tế để cạnh tranh quân sự với Mỹ. (Như các cố vấn của Tổng thống Ronald Reagan từng nhận xét, chiến lược của Mỹ là đẩy nước Nga vào tình trạng đình trệ, có nghĩa là, tăng chi tiêu quân sự để người Nga, với một nền kinh tế chưa bằng một nửa so với Mỹ, sẽ phải bỏ đói người dân của mình để theo kịp.) Trong tương lai, rõ ràng là một siêu cường chỉ có thể duy trì vị thế thông qua sức mạnh kinh tế, và điều đó lần lượt bắt nguồn từ khoa học và công nghệ.

- Một nền văn hóa hành tinh đang trỗi dậy, dựa trên văn hóa trẻ (rock&roll và thời trang trẻ trung), phim ảnh (phim Hollywood), thời trang cao cấp (hàng xa xỉ) và thực phẩm (chuỗi thức ăn nhanh). Bất kể đi du lịch ở đâu, bạn đều có thể tìm thấy bằng chứng về xu hướng văn hóa chung trong âm nhạc, nghệ thuật và thời trang. Ví dụ, Hollywood thường cẩn thận đánh giá sức hấp dẫn toàn cầu khi ước tính sự thành công của một bộ phim bom tấn tiềm năng. Phim có chủ đề đa văn hóa (như hành động hay lãng mạn), với sự tham gia của những diễn viên nổi tiếng thế giới, là những bộ phim kiếm bộn tiền cho Hollywood, bằng chứng về một nền văn hóa hành tinh đang trỗi dậy. Chúng ta đã thấy điều này sau Thế chiến II khi lần đầu tiên trong lịch sử nhân loại, toàn bộ thế hệ trẻ có đủ thu nhập để thay đổi văn hóa thịnh hành. Trước đây, cứ lớn lên, trẻ em lại ra đồng làm việc cùng cha mẹ. (Đây là nguồn gốc của kỳ nghỉ hè ba tháng. Ở thời Trung cổ, trẻ em phải làm các công việc đồng áng nặng nhọc trong mùa hè ngay khi còn nhỏ.) Nhưng ngày nay, thế hệ trẻ em sinh ra sau chiến tranh rời bỏ cánh đồng để đi đến các con phố. Ngày nay, chúng ta thấy cùng một mô hình diễn ra trong từng quốc gia, khi kinh tế phát triển mang lại cho thế hệ trẻ thu nhập dồi dào. Cuối cùng, như hầu hết mọi người trên thế giới bước vào tầng lớp trung lưu,

thu nhập gia tăng sẽ thúc đẩy sự tồn tại của nền văn hóa hành tinh trẻ trung này.

Rock&roll, phim Hollywood... là những ví dụ điển hình về cách chủ nghĩa tư bản trí tuệ đang thay thế chủ nghĩa tư bản hàng hóa. Trong nhiều thập kỷ tới, robot vẫn sẽ không thể tạo ra âm nhạc hay các bộ phim lay động lòng người.

Điều này cũng đang diễn ra trong thế giới thời trang, nơi một số ít các thương hiệu đang mở rộng thị trường trên toàn thế giới. Thời trang cao cấp, vốn dành riêng cho tầng lớp quý tộc giàu có, đang phát triển nhanh chóng trên khắp thế giới khi có càng nhiều người gia nhập tầng lớp trung lưu và khao khát sự giàu sang hào nhoáng. Thời trang cao cấp hiện không còn là đặc quyền của tầng lớp thượng lưu.

Nhưng sự trỗi dậy của một nền văn hóa hành tinh không có nghĩa là các nền văn hóa hay phong tục địa phương sẽ bị xóa sổ. Thay vào đó, mọi người sẽ thuộc cả hai nền văn hóa. Một mặt, họ sẽ giữ cho truyền thống văn hóa (và Internet cũng giữ các phong tục địa phương tồn tại mãi mãi). Sự đa dạng văn hóa phong phú của thế giới sẽ tiếp tục phát triển mạnh trong tương lai. Trên thực tế, một số phong tục ít người biết đến của văn hóa bản địa có thể lan truyền khắp nơi thông qua Internet, thu hút khán giả trên toàn thế giới. Mặt khác, mọi người sẽ thông thạo các xu hướng thay đổi ảnh hưởng đến văn hóa toàn cầu. Giao tiếp của những người đến từ những nền văn hóa khác nhau sẽ thông qua văn hóa toàn cầu. Điều này đã xảy ra với tầng lớp tinh hoa trên khắp hành tinh: họ nói ngôn ngữ địa phương và theo phong tục địa phương nhưng sử dụng tiếng Anh và theo phong tục quốc tế khi giao tiếp với mọi người từ các nước khác. Đây là mô hình cho nền văn minh loại I đang lên. Văn hóa địa phương sẽ tiếp tục phát triển mạnh, cùng tồn tại song song với nền văn hóa toàn cầu lớn hơn.

- Tin tức đang lan khắp toàn cầu. Với truyền hình vệ tinh, điện

thoại di động, Internet... việc một quốc gia muốn kiểm soát hoàn toàn và lọc tin tức là điều không thể. Các đoạn phim đang hiện hữu từ khắp nơi trên thế giới, vượt ra ngoài phạm vi kiểm duyệt. Khi chiến tranh hay cách mạng nổ ra, những hình ảnh rõ ràng được phát ngay lập tức trên khắp thế giới. Trong quá khứ, việc các cường quốc của thế kỷ 19 áp đặt giá trị của họ và thao túng tin tức là điều khá dễ dàng. Ngày nay, điều này vẫn còn có thể, nhưng đã kém hiệu quả hơn vì công nghệ tiên tiến. Ngoài ra, với trình độ giáo dục tăng lên trên toàn thế giới, lượng khán giả theo dõi tin tức thế giới đã lớn hơn nhiều. Các chính trị gia ngày nay phải tính đến ý kiến quốc tế khi nghĩ về hệ quả các hành động của mình.

- Thể thao, vốn là điều cần thiết trong việc tạo nên bản sắc của một bộ lạc và sau đó là bản sắc dân tộc trong quá khứ, ngày nay là tạo nên bản sắc hành tinh. Bóng đá và Thế vận hội đang nổi lên để thống trị các môn thể thao hành tinh. Ví dụ, thế vận hội 2008 được nhắc đến rộng rãi như là một bữa tiệc mừng cho người Trung Quốc, những người muốn thừa nhận vị trí văn hóa hợp pháp của họ trên thế giới sau nhiều thế kỷ cô lập. Đây cũng là một ví dụ về Nguyên lý Người Thượng Cổ, vì thể thao vốn có tính Tương Tác Cao (High Touch) nhưng đang bước vào thế giới Công Nghệ Cao (High Tech).
- Các mối đe dọa môi trường cũng đang được tranh luận trên quy mô hành tinh. Các quốc gia nhận ra rằng sự ô nhiễm mà họ tạo ra vượt qua biên giới quốc gia và do đó có thể dẫn đến một cuộc khủng hoảng quốc tế. Chúng ta lần đầu tiên nhìn thấy điều này khi một lỗ thủng khổng lồ trong tầng ôzôn mở ra ở Nam Cực. Do tầng ôzôn ngăn tia cực tím và tia X có hại từ Mặt trời chiếu xuống nên các quốc gia đã nhóm lại với nhau để hạn chế việc sản xuất và tiêu thụ chlorofluorocarbons được dùng trong tủ lạnh và các hệ thống công nghiệp. Nghị định thư Montreal ký kết năm 1987 và đã giảm việc sử dụng các hóa chất làm suy giảm tầng

ôzôn. Dựa trên thành công quốc tế này, hầu hết các quốc gia đã thông qua Nghị định thư Kyoto năm 1997 để giải quyết mối đe dọa của sự nóng lên toàn cầu, đó là một mối đe dọa lớn hơn đối với môi trường của hành tinh.

- Du lịch là một trong những ngành phát triển nhanh nhất trên hành tinh. Trong phần lớn lịch sử, việc con người sống cách nơi mình sinh ra trong vòng một vài kilômét là điều phổ biến. Các nhà lãnh đạo vô đạo đức thật dễ thao túng người dân của mình, những người có ít hoặc không tiếp xúc với người khác. Nhưng ngày nay, người ta có thể đi vòng quanh thế giới với ngân sách khiêm tốn. Những thanh niên đi du lịch bụi, những người thuê nhà giá rẻ trên toàn thế giới sẽ trở thành nhà lãnh đạo của ngày mai. Một số người chỉ trích rằng khách du lịch chỉ có những hiểu biết thô sơ nhất về văn hóa, lịch sử và chính trị địa phương. Nhưng chúng ta phải so sánh điều đó với quá khứ, khi sự tiếp xúc giữa các nền văn hóa xa xôi gần như không tồn tại, ngoại trừ trong thời chiến, thường với kết quả bi thảm.
- Tương tự như vậy, giá du lịch liên lục địa giảm mạnh đã đẩy nhanh sự tiếp xúc giữa các dân tộc khác nhau, dẫn đến chiến tranh khó xảy ra hơn và lan tỏa những lý tưởng dân chủ. Một trong những yếu tố chính dẫn đến thù địch giữa các quốc gia là sự hiểu lầm giữa con người. Nói chung, rất khó để chiến đấu với một quốc gia mà bạn quen thuộc.
- Bản chất của chiến tranh đang thay đổi để phản ánh thực tế mới này. Lịch sử đã chỉ ra rằng hai nền dân chủ hầu như không bao giờ gây chiến với nhau. Hầu như tất cả các cuộc chiến tranh trong quá khứ đã được tiến hành giữa các quốc gia không dân chủ, hoặc giữa một quốc gia dân chủ và một quốc gia không dân chủ. Nhìn chung, cơn sốt chiến tranh có thể dễ dàng được tạo ra bởi những kẻ mị dân coi kẻ thù như ma quỷ. Nhưng ở một quốc gia dân chủ, với một nền báo chí sôi động, các đảng đối lập

và một tầng lớp trung lưu thoải mái sẽ mất tất cả nếu có chiến tranh, cơn sốt chiến tranh vì thế khó xảy ra hơn nhiều. Thật khó để tạo ra cơn sốt chiến tranh khi có một nền báo chí hoài nghi và các bà mẹ yêu cầu được biết tại sao con cái của họ sẽ tham chiến.

Vẫn sẽ có các cuộc chiến tranh trong tương lai. Như nhà lý thuyết quân sự người Phổ, Carl von Clausewitz từng nói: "Chiến tranh là một phương tiện khác của chính trị." Mặc dù chúng ta vẫn còn chiến tranh, bản chất của nó sẽ thay đổi khi dân chủ lan truyền khắp thế giới.

(Có một lý do khác khiến các cuộc chiến tranh ngày càng khó xảy ra hơn khi thế giới ngày càng trở nên giàu có và người dân có nhiều thứ để mất hơn. Nhà lý luận chính trị Edward Luttwak đã viết rằng các cuộc chiến tranh ngày càng khó xảy ra vì các gia đình ngày nay nhỏ hơn. Trước đây, một gia đình trung bình có 10 con, con cả được thừa hưởng trang trại, còn đám em út tham gia nhà thờ, quân đội hoặc tìm kế sinh nhai ở nơi khác. Ngày nay, một gia đình hạt nhân có trung bình 1,5 con do đó sẽ không có mấy người nhập ngũ hay làm linh mục. Vì vậy, các cuộc chiến tranh sẽ khó xảy ra hơn nhiều, đặc biệt là giữa các nền dân chủ và du kích ở thế giới thứ ba.)

- Các quốc gia sẽ yếu đi nhưng vẫn tồn tại vào năm 2100 vì ta vẫn cần thông qua luật và khắc phục các vấn đề địa phương. Tuy nhiên, quyền lực và ảnh hưởng của họ sẽ giảm đáng kể khi các động cơ tăng trưởng kinh tế mang tính khu vực, sau đó là toàn cầu. Ví dụ, với sự trỗi dậy của chủ nghĩa tư bản vào cuối những năm 1700 và đầu những năm 1800, cần có các quốc gia để thực thi một loại tiền tệ chung, ngôn ngữ, luật thuế và các quy định liên quan đến thương mại và bằng sáng chế. Luật phong kiến và các truyền thống, cản trở sự tiến bộ của tự do buôn bán, thương mại và tài chính, nhanh chóng bị cuốn trôi bởi chính phủ quốc gia. Thông thường, quá trình này có thể mất một thế kỷ hoặc lâu

hơn, nhưng chúng ta đã thấy một phiên bản tăng tốc khi Otto von Bismarck, biệt danh Thủ tướng sắt, tạo nên chính phủ Đức hiện đại năm 1871. Hành trình hướng tới nền văn minh loại I đang thay đổi bản chất của chủ nghĩa tư bản theo cách tương tự và quyền lực kinh tế đang dần dần chuyển từ chính phủ quốc gia sang các tổ chức khu vực và các khối thương mại.

Điều này không nhất thiết là sẽ có một chính phủ thế giới. Có nhiều cách để nền văn minh hành tinh tồn tại. Rõ ràng là các chính phủ quốc gia sẽ mất quyền lực tương đối, nhưng quyền lực nào sẽ thay thế còn phụ thuộc vào nhiều xu hướng lịch sử, văn hóa và xu hướng quốc gia mà tất cả đều khó dự đoán.

- Bệnh dịch sẽ được kiểm soát ở cấp hành tinh. Trong thời cổ đại, các bệnh do virus thực sự không quá nguy hiểm vì dân số của loài người rất thấp. Ví dụ, virus Ebola có lẽ chỉ là một căn bệnh cổ xưa lây nhiễm trong phạm vi một vài ngôi làng suốt hàng ngàn năm. Nhưng sự mở rộng nhanh chóng của nền văn minh vào các khu vực không có người ở trước đây và sự gia tăng của các thành phố đồng nghĩa với việc một thứ gì đó như virus Ebola phải được theo dõi rất cẩn thận.

Khi dân số của các thành phố đạt hàng trăm nghìn đến một triệu, bệnh dịch có thể lây lan nhanh chóng và tạo ra đại dịch. Trớ trêu thay, dịch bệnh Cái Chết Đen đã giết chết gần một nửa dân số châu Âu lại là dấu hiệu của sự phát triển. Dân số đạt đến ngưỡng tới hạn cùng các tuyến vận chuyển kết nối các thành phố cổ trên toàn thế giới đã khiến dịch bệnh lan tràn,

Vì vậy, dịch cúm H1N1 gần đây cũng là một thước đo cho sự tiến bộ của loài người. Có lẽ có nguồn gốc từ thành phố Mexico, bệnh lây lan nhanh chóng trên toàn cầu thông qua du lịch bằng máy bay phản lực. Quan trọng hơn, chỉ mất một vài tháng để các quốc gia trên thế giới giải trình tự gen của virus và sau đó tạo ra vắcxin trị bệnh cho hàng chục triệu người.

KHỦNG BỐ VÀ CHẾ ĐỘ ĐỘC TÀI

Tuy nhiên, vẫn có các nhóm theo bản năng chống lại xu hướng hướng tới nền văn minh hành tinh loại I, bởi họ biết rằng đó là tiến bộ, tự do, khoa học, thịnh vượng và giáo dục. Các lực lượng này có thể không ý thức được thực tế này và không thể nói rõ điều đó, nhưng rõ là họ đang đấu tranh chống lại xu hướng hướng tới một nền văn minh loại I. Đó là:

- Khủng bố Hồi giáo, những người muốn trở lại thời kỳ cách đây một thiên niên kỷ, về thế kỷ 11, hơn là sống trong thế kỷ 21. Dĩ nhiên họ không thể hiện sự bất mãn theo cách này, nhưng xét theo những lời tuyên bố thì họ thích sống trong một nền dân chủ nơi khoa học, quan hệ cá nhân và chính trị tất cả đều tuân theo các sắc lệnh tôn giáo nghiêm ngặt. (Họ quên rằng, trong lịch sử, sự vĩ đại và năng lực khoa học và công nghệ của nền văn minh Hồi giáo có được là nhờ sự cho phép những ý tưởng mới. Những kẻ khủng bố này không hiểu nguồn gốc thực sự của sự vĩ đại của quá khứ Hồi giáo.)
- Các chế độ độc tài phụ thuộc vào việc giữ cho người dân của họ không biết gì về sự giàu có và tiến bộ của thế giới bên ngoài. Một ví dụ nổi bật là các cuộc biểu tình diễn ra ở Iran vào năm 2009, khi chính phủ cố gắng ngăn chặn ý tưởng của những người biểu tình, những người đang sử dụng Twitter và YouTube trong cuộc đấu tranh của họ để gửi thông điệp đến với thế giới.

Trong quá khứ, người ta nói rằng ngòi bút mạnh hơn gươm đao. Trong tương lai, câu nói này sẽ là con chip mạnh hơn thanh kiếm.

Một trong những lý do khiến người dân Bắc Triều Tiên, một quốc gia nghèo khổ khủng khiếp, không nổi dậy là vì họ bị từ chối mọi liên lạc với thế giới mà họ tin rằng cũng đang chết đói. Một phần, họ chịu đựng khó khăn đáng kinh ngạc vì không nhận ra rằng họ không buộc phải chấp nhận số phận của mình như vậy.

NỀN VĂN MINH LOẠI II

Hàng ngàn năm sau, cho đến khi một xã hội đạt được trạng thái loại II, xã hội này sẽ trở thành bất tử. Không có gì được biết đến trong khoa học có thể phá hủy một nền văn minh loại II. Vì làm chủ được thời tiết, nền văn minh này có thể tránh hoặc thay đổi kỷ băng hà. Các thiên thạch và sao chổi cũng có thể bị lệch hướng. Ngay cả khi Mặt trời nổ trong vụ nổ siêu tân tinh, mọi người sẽ có thể chạy trốn đến một hệ sao khác, hoặc có thể ngăn ngôi sao của họ phát nổ. (Ví dụ, nếu mặt trời biến thành một sao khổng lồ đỏ, họ có thể có thể xoay các tiểu hành tinh quanh hành tinh của họ bằng hiệu ứng hỗ trợ hấp dẫn để di chuyển hành tinh ra xa mặt trời hơn.)

Một cách mà nền văn minh loại II có thể khai thác toàn bộ năng lượng phát ra từ một ngôi sao là tạo ra một quả cầu khổng lồ xung quanh nó hấp thụ tất cả ánh sáng của ngôi sao. Đây được gọi là quả cầu Dyson.

Một nền văn minh loại II có lẽ sẽ hòa bình. Vì du hành vũ trụ rất khó khăn, nền văn minh loại I vẫn sẽ tồn tại trong nhiều thế kỷ, đủ thời gian để giải quyết các mâu thuẫn trong xã hội. Khi một nền văn minh loại I đạt đến trạng thái loại II, họ sẽ làm chủ không chỉ toàn bộ hệ mặt trời mà còn là các ngôi sao lân cận, có lẽ là vài trăm năm ánh sáng, nhưng không xa hơn. Họ sẽ vẫn bị hạn chế bởi tốc độ ánh sáng.

NỀN VĂN MINH LOẠI III

Vào thời điểm một nền văn minh đạt đến trạng thái loại III, nó sẽ khám phá hầu hết các thiên hà. Cách thuận tiện nhất để tham quan hàng trăm tỷ hành tinh là gửi robot thăm dò tự nhân bản khắp thiên hà. Đầu dò von Neumann là một robot có khả năng tạo ra các bản sao với số lượng không giới hạn; nó đáp xuống Mặt trăng (vì nó không bị rỉ sét, ăn mòn) và tạo ra một nhà máy từ cát bụi Mặt trăng cùng hàng ngàn bản sao của chính mình. Mỗi bản sao phóng tới các hệ sao xa

khác và tạo thêm hàng ngàn bản sao. Bắt đầu với một đầu dò như vậy, chúng ta nhanh chóng tạo ra một quả cầu gồm hàng nghìn tỷ đầu dò tự sao chép ở gần tốc độ ánh sáng, bao phủ toàn bộ Ngân Hà chỉ trong 100.000 năm. Do vũ trụ 13,7 tỷ năm tuổi, có rất nhiều thời gian để các nền văn minh có thể trỗi dậy (và tàn lụi). (Sự tăng trưởng nhanh chóng theo cấp số nhân cũng là cơ chế lây lan của virus trong cơ thể con người.)

Tuy nhiên, có một khả năng khác. Vào thời điểm một nền văn minh đã đạt đến trạng thái loại III, người dân của nền văn minh đó có đủ nguồn năng lượng để thăm dò "năng lượng Planck", tức 10^{19} tỷ electron volt, năng lượng mà không gian trở nên không ổn định. (Năng lượng Planck lớn hơn một nghìn lần so với năng lượng của máy gia tốc hạt lớn nhất, Large Hadron Collider ở Geneva. Đó là năng lượng mà tại đó thuyết tương đối rộng của Einstein bị phá vỡ. Ở mức năng lượng này, theo lý thuyết, không-thời gian cuối cùng sẽ bị xé rách, tạo ra những cổng nhỏ có thể dẫn đến các vũ trụ khác, hoặc các điểm khác trong không gian.) Khai thác năng lượng khổng lồ này sẽ cần đến các máy khổng lồ trên một quy mô không thể tưởng tượng được, nhưng nếu thành công thì chúng có thể tạo ra các con đường tắt xuyên không gian và thời gian, bằng cách hoặc là nén không gian hoặc là đi qua các hố sâu. Giả sử họ có thể vượt qua một số trở ngại cứng đầu trên lý thuyết và thực tế (như khai thác đủ năng lượng dương và âm cũng như loại bỏ bất ổn), có thể hiểu rằng họ có thể chiếm hữu toàn bộ thiên hà.

Điều này đã khiến nhiều người suy đoán về lý do tại sao họ không đến thăm chúng ta. Họ ở đâu? Các nhà phê bình tự hỏi.

Có thể họ đã đến, nhưng chúng ta quá nguyên thủy để nhận ra. Các đầu dò von Neumann tự tái tạo sẽ là cách thực tế nhất để khám phá thiên hà, và chúng không phải là rất lớn. Chúng có thể chỉ dài vài xentimet, vì những tiến bộ mang tính cách mạng trong công nghệ nano. Chúng có thể ở ngay trong tầm nhìn, nhưng chúng ta không nhận ra bởi chúng ta đang tìm kiếm sai cách, mong đợi một phi thuyền

khổng lồ mang những người ngoài hành tinh từ ngoài vũ trụ. Nhiều khả năng, đầu dò sẽ hoàn toàn tự động, một phần hữu cơ và một phần điện tử, và sẽ không chứa bất kỳ người ngoài hành tinh nào cả.

Và khi cuối cùng cũng gặp những người ngoài hành tinh từ không gian, chúng ta có thể ngạc nhiên, bởi vì từ lâu, họ đã thay đổi đặc điểm sinh học bằng robot, công nghệ nano và công nghệ sinh học.

Một khả năng khác là tự hủy. Như đã đề cập, quá trình chuyển đổi từ loại 0 sang loại I là một trong những điều nguy hiểm nhất, vì chúng ta vẫn có tất cả sự tàn ác, bảo thủ, phân biệt chủng tộc... trong quá khứ. Có thể một ngày, khi đến thăm các ngôi sao, chúng ta sẽ tìm thấy bằng chứng về các nền văn minh loại 0 không thể chuyển sang loại I (ví dụ, bầu khí quyển có thể quá nóng hoặc lượng phóng xạ quá cao để hỗ trợ sự sống).

TÌM KIẾM NỀN VĂN MINH NGOÀI TRÁI ĐẤT

Giờ đây, mọi người trên thế giới chắc chắn chưa ý thức về hành trình hướng tới một nền văn minh hành tinh loại I. Không mấy người nhận ra rằng quá trình chuyển đổi lịch sử này đang diễn ra. Nếu bạn thực hiện một cuộc thăm dò ý kiến, một số người có thể mơ hồ nhận thức được quá trình toàn cầu hóa, nhưng ngoài ra, không ai nhận thức được rằng chúng ta đang hướng tới mức độ cụ thể nào.

Tất cả điều này có thể đột nhiên thay đổi nếu chúng ta tìm thấy bằng chứng về sự sống thông minh ngoài không gian. Sau đó, chúng ta sẽ ngay lập tức nhận thức được trình độ công nghệ của chúng ta liên quan đến nền văn minh ngoài hành tinh này. Các nhà khoa học nói riêng sẽ rất quan tâm đến loại công nghệ mà nền văn minh ngoài hành tinh này làm chủ được.

Mặc dù không thể biết chắc chắn, nhưng với những tiến bộ công nghệ nhanh chóng, có lẽ trong thế kỷ này chúng ta sẽ phát hiện một nền văn minh tiên tiến trong không gian.

Hai xu hướng đã khiến điều này có thể thành hiện thực. Đầu tiên là sự ra đời của các vệ tinh được thiết kế đặc biệt để tìm các ngoại hành tinh đá, đó là vệ tinh COROT và Kepler. Kepler dự kiến sẽ xác định đến 600 hành tinh nhỏ, giống như Trái đất trong không gian. Sau khi được xác định, bước tiếp theo là tập trung tìm kiếm các tín hiệu thông minh từ các hành tinh này.

Năm 2001, tỷ phú của Microsoft Paul Allen đã bắt đầu quyên góp tiền, hiện nay lên đến hơn 30 triệu đô la, để khởi động chương trình SETI (viết tắt của Search For Extraterrestrial Intelligence – Tìm Kiếm Nền Văn Minh Ngoài Trái Đất) bị đình trệ. Điều này sẽ làm tăng đáng kể số lượng kính viễn vọng vô tuyến tại cơ sở Hat Creek, phía bắc San Francisco. Tổ hợp Kính viễn vọng Allen khi hoạt động hoàn chỉnh sẽ có 350 kính viễn vọng vô tuyến và là thiết bị kính viễn vọng vô tuyến tiên tiến nhất trên thế giới. Trong suốt hành trình kiếm tìm sự sống thông minh, các nhà thiên văn học đã quét được hơn 1.000 ngôi sao, nhưng tổ hợp kính Allen sẽ tăng số lượng đó lên gấp 1.000 lần, tới một triệu ngôi sao.

Mặc dù trong gần 50 năm, các nhà khoa học đã hoài công vô ích khi tìm kiếm các tín hiệu từ nền văn minh tiên tiến, nhưng gần đây hai phát triển này đã mang lại sự thúc đẩy đáng kể cho chương trình SETI. Nhiều nhà thiên văn tin rằng chẳng qua là có quá ít nỗ lực và quá ít tài nguyên dành cho dự án này. Với dòng tài nguyên và dữ liệu mới này, chương trình SETI đang trở thành một dự án khoa học nghiêm túc.

Trong thế kỷ này, có thể chúng ta sẽ đo được các tín hiệu từ một nền văn minh thông minh trong không gian. (Seth Shostak, giám đốc Viện SETI ở vùng Vịnh, nói với tôi trong vòng 20 năm nữa, ông hy vọng sẽ được tiếp xúc với một nền văn minh như vậy. Điều đó có thể quá lạc quan, nhưng sẽ thật kỳ lạ nếu trong thế kỷ này chúng ta không đo được tín hiệu từ nền văn minh khác ngoài không gian.)

Nếu tín hiệu được tìm thấy từ một nền văn minh tiên tiến, đây có thể là một trong những mốc quan trọng nhất trong lịch sử nhân

loại. Những bộ phim Hollywood ưa thích mô tả sự hỗn loạn xung quanh sự kiện này, với các nhà tiên tri dự báo tận thế đang đến gần, với những giáo phái điên rồ ngày càng đi quá giới hạn...

Tuy nhiên, thực tế nhàm chán hơn. Sẽ không cần phải hoảng hốt ngay lập tức, vì nền văn minh này thậm chí có thể không biết rằng chúng ta đang nghe lén các cuộc đối thoại của họ. Và nếu biết, các cuộc đối thoại trực tiếp giữa họ và chúng ta sẽ khó khăn, do họ ở quá xa chúng ta. Đầu tiên, có thể mất vài tháng đến vài năm để giải mã hoàn toàn thông điệp, và sau đó để xếp hạng công nghệ của nền văn minh này, xem nó có phù hợp với phân loại Kardashev hay không. Thứ hai, giao tiếp trực tiếp với họ có lẽ sẽ không khả thi, vì khoảng cách tới nền văn minh này sẽ mất nhiều năm ánh sáng, quá xa đối với bất kỳ liên hệ trực tiếp nào. Vì vậy, chúng ta sẽ chỉ có thể quan sát nền văn minh này, thay vì thực hiện bất kỳ cuộc trò chuyện nào. Cần có các máy phát vô tuyến khổng lồ để gửi tin nhắn qua lại cho người ngoài hành tinh. Nhưng trên thực tế, có thể mất hàng thế kỷ trước khi bất kỳ giao tiếp hai chiều nào với nền văn minh này được thực hiện.

CÁC THANG PHÂN LOẠI MỚI

Phân loại Kardashev được đưa ra vào những năm 1960, khi các nhà vật lý lo ngại về sản xuất năng lượng. Tuy nhiên, với sự gia tăng ngoạn mục của sức mạnh máy tính, sự chú ý quay sang cuộc cách mạng thông tin, nơi mà số lượng bit được xử lý bởi một nền văn minh trở nên quan trọng như sản xuất năng lượng.

Ví dụ, người ta có thể tưởng tượng, một nền văn minh ngoài hành tinh mà ở đó máy tính không thể tồn tại vì bầu không khí trên hành tinh đó dẫn điện. Trong trường hợp này, bất kỳ thiết bị điện nào sẽ sớm bị đoản mạch, tạo ra tia lửa, do đó chỉ có thể có các dạng thiết bị điện nguyên thủy nhất.

Bất kỳ máy phát điện hoặc máy tính quy mô lớn nào sẽ nhanh chóng bị cháy. Chúng ta có thể tưởng tượng rằng một nền văn minh

như vậy cuối cùng có thể làm chủ các nhiên liệu hóa thạch và năng lượng hạt nhân, nhưng xã hội của họ sẽ không thể xử lý một lượng lớn thông tin. Sẽ rất khó khăn cho họ để tạo ra Internet hoặc một hệ thống viễn thông hành tinh, vì vậy nền kinh tế và tiến bộ khoa học của họ sẽ bị còi cọc. Mặc dù họ có thể tăng thang Kardashev, quá trình này sẽ rất chậm và khó khăn nếu không có máy tính.

Vì vậy, Carl Sagan đã giới thiệu một thang khác, dựa trên xử lý thông tin. Ông đã nghĩ ra một hệ thống trong đó các chữ cái từ A đến Z, tương ứng với thông tin. Một nền văn minh loại A là quy trình chỉ xử lý một triệu bit thông tin, tương ứng với nền văn minh chỉ có ngôn ngữ nói nhưng không có ngôn ngữ viết. Nếu chúng ta dịch tất cả các thông tin từ nền văn hóa Hy Lạp cổ đại hưng thịnh, với khoảng một tỷ bit thông tin, nó sẽ trở thành nền văn minh loại C. Ở các nấc thang cao hơn, chúng ta có thể ước tính lượng thông tin mà nền văn minh của chúng ta xử lý. Một dự đoán khoa học xếp chúng ta vào một nền văn minh Loại H. Do đó, việc xử lý thông tin và năng lượng của nền văn minh của chúng ta thuộc nền văn minh loại 0,7 H.

Trong những năm gần đây, một mối quan tâm khác đã phát sinh: ô nhiễm và chất thải. Năng lượng và thông tin không đủ để xếp hạng một nền văn minh. Trên thực tế, nền văn minh tiêu thụ năng lượng và lượng thông tin càng nhiều, càng sinh ra nhiều ô nhiễm và chất thải. Đây không phải là một vấn đề học thuật, vì chất thải từ một nền văn minh loại I hoặc II có thể đủ để phá hủy nó.

Ví dụ, một nền văn minh loại II tiêu thụ tất cả năng lượng được tạo ra bởi một ngôi sao. Giả sử hiệu suất là 50%, có nghĩa là một nửa chất thải tạo ra là ở dạng nhiệt. Điều này rất tai hại, bởi nhiệt độ của hành tinh sẽ tăng lên cho đến khi nó tan chảy! Hãy nghĩ đến hàng tỷ nhà máy than thải ra một lượng lớn nhiệt và khí làm nóng hành tinh đến mức sự sống không thể tồn tại.

Trên thực tế, Freeman Dyson đã từng cố gắng tìm kiếm các nền văn minh loại II ngoài không gian bằng cách tìm kiếm các vật phát ra

bức xạ hồng ngoại, chứ không phải tia X hay ánh sáng khả kiến. Bởi có thể nền văn minh loại II muốn che giấu sự hiện diện khỏi các con mắt tò mò bằng cách tạo ra một quả cầu xung quanh, chắc chắn nó sẽ sinh ra đủ nhiệt thải để phát sáng với bức xạ hồng ngoại. Do đó, ông đề nghị các nhà thiên văn tìm kiếm các hệ sao chủ yếu sản sinh tia hồng ngoại. (Tuy nhiên, vẫn không tìm được nền văn minh nào.)

Nhưng điều này làm dấy lên lo ngại rằng bất kỳ nền văn minh nào phát triển năng lượng ngoài tầm kiểm soát đều có thể bị phá hủy. Do đó, chúng ta thấy rằng năng lượng và thông tin không đủ để đảm bảo sự tồn tại của nền văn minh khi nó di chuyển lên các mức cao hơn. Chúng ta cần một thang đo mới, tính đến ảnh hưởng của hiệu suất, nhiệt thải và ô nhiễm. Thang do mới này dựa trên một khái niệm khác, có tên gọi là entropy.

XẾP HẠNG CÁC NỀN VĂN MINH DỰA TRÊN ENTROPY

Lý tưởng nhất, điều chúng ta kỳ vọng là một nền văn minh phát triển về năng lượng và thông tin, nhưng phải phát triển một cách khôn ngoan, để hành tinh đó không trở nên quá nóng hoặc ngập ngụa trong rác thải.

Điều này đã được mô tả trong bộ phim Disney, *Wall-E*, trong tương lai xa con người đã làm Trái đất ô nhiễm và suy thoái đến mức phải rời bỏ đống lộn xộn đó để hưởng thụ cuộc sống trong những phi thuyền sang trọng trôi nổi ngoài không gian.

Đây là điểm mà các định luật nhiệt động lực học trở nên quan trọng. Định luật nhiệt động lực học đầu tiên đơn giản nói rằng mọi thứ không tự nhiên sinh ra, chẳng hạn, không có bữa trưa miễn phí. Nói cách khác, tổng lượng vật chất và năng lượng trong vũ trụ là hằng số. Nhưng như chúng ta đã thấy trong Chương 3, định luật thứ hai là thú vị nhất và trên thực tế, cuối cùng có thể xác định số phận của một nền văn minh tiên tiến. Nói một cách đơn giản, định luật này nói rằng tổng entropy (rối loạn hoặc hỗn loạn) luôn tăng lên. Điều này có nghĩa

là mọi thứ đều phải kết thúc; mọi vật rồi sẽ mục rữa, phân rã, rỉ sét, già đi, hoặc sụp đổ. Ví dụ, chúng ta không bao giờ thấy trứng chiên nhảy ra khỏi chảo rán và chui trở lại vào vỏ. Chúng ta không bao giờ thấy tinh thể đường trong một cốc cà phê đột nhiên tách ra (unmix) và nhảy vào thìa của bạn. Hiện tượng này hiếm đến mức từ "unmix" không tồn tại trong tiếng Anh – hoặc bất kỳ ngôn ngữ nào khác.)

Vì vậy, nếu nền văn minh của tương lai mù quáng tạo ra năng lượng khi chuyển lên nền văn minh loại II hoặc III, họ sẽ tạo ra quá nhiều nhiệt thải đến mức hành tinh mẹ không thể ở được. Entropy, dưới dạng nhiệt thải, hỗn loạn và ô nhiễm, về cơ bản sẽ phá hủy nền văn minh. Tương tự, nếu họ sản xuất thông tin bằng cách chặt phá hết rừng và tạo ra những ngọn núi giấy thải, nền văn minh sẽ được chôn lấp trong chất thải thông tin của chính nó.

Vì vậy, chúng ta cần một thang khác để xếp hạng các nền văn minh. Chúng ta cần đưa ra hai loại nền văn minh mới. Đầu tiên là một nền văn minh "bảo toàn entropy", một nền văn minh sử dụng mọi phương tiện để kiểm soát chất thải thừa và nhiệt. Khi nhu cầu năng lượng tiếp tục tăng theo cấp số nhân, nền văn minh này sẽ nhận ra mức tiêu thụ năng lượng có thể thay đổi môi trường hành tinh, đe dọa sự sống. Tổng số rối loạn hay entropy được tạo ra bởi một nền văn minh tiên tiến sẽ tiếp tục tăng cao; điều này là không thể tránh khỏi. Nhưng entropy cục bộ có thể giảm nếu họ sử dụng công nghệ nano và năng lượng tái tạo để giảm chất thải và tăng hiệu suất.

Nền văn minh thứ hai, một nền văn minh "lãng phí entropy", tiếp tục mở rộng tiêu thụ năng lượng không giới hạn. Cuối cùng, nếu hành tinh mẹ trở nên không thể ở được, thì nền văn minh này có thể cố gắng chạy trốn bằng cách mở rộng ra các hành tinh khác. Nhưng chi phí tạo ra các thuộc địa ngoài không gian sẽ hạn chế khả năng mở rộng của nó. Nếu entropy tăng nhanh hơn khả năng mở rộng sang các hành tinh khác, thì nó sẽ đối mặt với thảm họa.

TỪ LÀM CHỦ TỰ NHIÊN ĐẾN BẢO TỒN TỰ NHIÊN

Như đã đề cập trước đó, trong thời cổ đại, con người chỉ quan sát thụ động các điệu nhảy của thiên nhiên, ngơ ngác nhìn vào những điều bí ẩn xung quanh chúng ta. Ngày nay, chúng ta giống như biên đạo múa của thiên nhiên, có thể tinh chỉnh đây đó các lực của tự nhiên. Và đến năm 2100, chúng ta sẽ trở thành bậc thầy của tự nhiên, có thể di chuyển các vật thể bằng tâm trí, kiểm soát sự sống và cái chết, và vươn tới các vì sao.

Nhưng nếu trở thành những bậc thầy của tự nhiên, chúng ta cũng sẽ phải trở thành những người bảo tồn tự nhiên. Nếu để entropy tăng lên mà không giới hạn, chúng ta chắc chắn sẽ bị phá hủy bởi các định luật nhiệt động lực học. Theo định nghĩa, một nền văn minh loại II tiêu thụ nhiều năng lượng như một ngôi sao, và do đó bề mặt hành tinh sẽ bốc cháy nếu entropy không ngừng tăng lên. Nhưng có nhiều cách để kiểm soát sự tăng trưởng entropy.

Ví dụ, khi ghé thăm một bảo tàng và nhìn thấy những động cơ hơi nước khổng lồ của thế kỷ 19, với những nồi hơi khổng lồ và những khối than đen, chúng ta thấy chúng không hiệu quả như thế nào, lãng phí năng lượng và tạo ra một lượng nhiệt và ô nhiễm khổng lồ. Nếu so sánh chúng với một chiếc tàu điện đẹp đẽ, chạy êm ru, chúng ta sẽ thấy con người ngày nay sử dụng năng lượng hiệu quả hơn nhiều. Nhu cầu các nhà máy nhiệt điện khổng lồ, có lượng nhiệt thải và ô nhiễm lớn có thể giảm đáng kể nếu các thiết bị của con người tiết kiệm năng lượng thông qua năng lượng tái tạo và thu nhỏ lại. Công nghệ nano cho chúng ta cơ hội để giảm nhiệt thải nhiều hơn nữa khi các máy được thu nhỏ xuống còn quy mô nguyên tử.

Ngoài ra, nếu các chất siêu dẫn nhiệt độ phòng được tìm thấy trong thế kỷ này, đây sẽ là một cuộc đại tu hoàn chỉnh các yêu cầu năng lượng của con người. Nhiệt thải dưới dạng ma sát sẽ giảm đáng kể, tăng hiệu quả của máy móc. Như chúng ta đã đề cập, phần lớn năng lượng được dùng để thắng lực ma sát, đặc biệt trong giao thông vận

tải. Đó là lý do chúng ta đổ xăng vào bình, vì cần năng lượng thắng lực ma sát để di chuyển từ California đến New York. Hãy tưởng tượng rằng một nền văn minh tiên tiến có thể thực hiện nhiều nhiệm vụ hơn với ít năng lượng hơn chúng ta tiêu tốn ngày nay. Điều này có nghĩa là chúng ta có thể đặt giới hạn số vào entropy được tạo ra bởi một nền văn minh tiên tiến.

SỰ CHUYỂN TIẾP NGUY HIỂM NHẤT

Sự chuyển tiếp giữa nền văn minh loại 0 hiện tại của chúng ta và nền văn minh loại I trong tương lai có lẽ là sự chuyển tiếp lớn nhất trong lịch sử. Nó sẽ quyết định liệu con người sẽ tiếp tục phát triển và thịnh vượng, hay diệt vong do sự điên rồ của chính chúng ta. Sự chuyển tiếp này cực kỳ nguy hiểm bởi chúng ta vẫn còn có mọi sự tàn bạo đại diện cho quá trình đấu tranh sinh tồn khắc nghiệt của tổ tiên. Khi lột bỏ lớp vỏ bề ngoài của nền văn minh, chúng ta vẫn thấy các lực lượng của chủ nghĩa bảo thủ, chủ nghĩa bè phái, phân biệt chủng tộc, không khoan dung... tại nơi làm việc. Bản chất con người đã không thay đổi nhiều trong 100.000 năm qua, ngoại trừ hiện tại chúng ta có vũ khí hạt nhân, hóa học và sinh học để giải quyết các món nợ cũ.

Tuy nhiên, một khi chuyển sang nền văn minh loại I, chúng ta sẽ có nhiều thế kỷ để giải quyết sự khác biệt. Như đã thấy trong các chương trước, các thuộc địa không gian sẽ vẫn cực kỳ tốn kém trong tương lai, vì vậy không chắc rằng một phần đáng kể dân số thế giới sẽ rời Trái đất đi xâm chiếm Sao Hỏa hay vành đai tiểu hành tinh. Cho đến khi thiết kế tên lửa hoàn toàn mới giảm chi phí hoặc cho đến khi thang máy không gian được xây dựng, du lịch vũ trụ sẽ tiếp tục là sân chơi của chính phủ và những người giàu có. Điều này có nghĩa là phần lớn dân số thế giới sẽ vẫn còn trên Trái đất khi chúng ta đạt được trạng thái loại I. Điều này cũng có nghĩa là chúng ta sẽ có nhiều thế kỷ để tìm ra sự khác biệt như một nền văn minh loại I.

TÌM KIẾM SỰ THÔNG THÁI

Chúng ta sống trong những thời điểm thú vị. Khoa học và công nghệ đang mở ra cho con người một thế giới mà trước đây chúng ta chỉ có thể mơ ước. Khi nhìn vào tương lai khoa học, với tất cả thách thức và nguy hiểm của nó, tôi thấy hy vọng thực sự. Trong những thập kỷ tới, chúng ta sẽ khám phá thêm về thiên nhiên gấp nhiều lần toàn bộ lịch sử nhân loại.

Nhưng không phải lúc nào cũng vậy.

Hãy xem xét những lời của Benjamin Franklin, nhà khoa học – chính trị gia vĩ đại của nước Mỹ, khi ông đưa ra một dự đoán không chỉ về thế kỷ tiếp theo mà còn về hàng ngàn năm tới. Năm 1780, ông ngao ngán rằng con người thường cư xử với nhau như chó sói, chủ yếu là do gánh nặng của việc sinh tồn trong một thế giới khắc nghiệt.

Ông viết:

> Trong một nghìn năm tới, không thể tưởng tượng được mức độ sức mạnh của con người so với vật chất. Có lẽ chúng ta có thể học được cách lấy đi khối lượng lớn của trọng lực, và cho chúng lực nâng tuyệt đối, vì lợi ích của việc vận chuyển dễ dàng. Nông nghiệp có thể cần ít lao động hơn nhưng vẫn tăng gấp đôi sản lượng; tất cả bệnh dịch có thể chắc chắn được ngăn ngừa hoặc chữa khỏi, không ngoại trừ tuổi già, và cuộc sống của chúng ta kéo dài niềm vui thậm chí vượt ra ngoài tiêu chuẩn cũ.

Ông viết điều này vào thời điểm những người nông dân sống lay lắt với ruộng đồng, khi những chiếc xe bò kéo các sản phẩm thối rữa ra chợ, khi bệnh dịch và đói kém là một thực tế của cuộc sống, và chỉ có vài người may mắn sống ở tuổi bốn mươi. (Ở London vào năm 1750, hai phần ba trẻ em đã chết trước khi lên năm tuổi.) Franklin đã sống ở thời mà thật vô vọng khi nghĩ rằng một ngày nào đó chúng ta có thể

giải quyết được những vấn đề tuổi già này. Hoặc, như Thomas Hobbes đã viết vào năm 1651, cuộc sống là "đơn độc, nghèo nàn, khó chịu, tàn bạo và ngắn ngủi."

Nhưng ngày nay, chưa đến 1.000 năm từ thời của Franklin, những dự đoán của ông sắp trở thành quá khứ.

Niềm tin này – lý do, khoa học và trí tuệ một ngày nào đó sẽ giải thoát con người khỏi sự áp bức của quá khứ – được phản ánh trong tác phẩm *Sketch for a Historical Picture of the Progress of the Human Mind* (Phác thảo bức tranh lịch sử về sự tiến bộ của tâm trí con người) của Hầu tước Condorcet năm 1795, trong đó có những dự đoán chính xác nhất chưa từng có về các sự kiện tương lai. Ông đã đưa ra một loạt các dự đoán, tất cả đều khá dị giáo, nhưng tất cả đều trở thành sự thật. Ông dự đoán rằng các thuộc địa của Tân Thế giới cuối cùng sẽ thoát khỏi châu Âu và sau đó tiến nhanh bằng cách hưởng lợi từ công nghệ của châu Âu. Ông dự đoán sự kết thúc của chế độ nô lệ ở khắp mọi nơi. Ông dự đoán các trang trại sẽ làm tăng đáng kể số lượng và chất lượng của thực phẩm họ sản xuất trên mỗi mẫu Anh. Ông dự đoán rằng khoa học sẽ phát triển mạnh và mang lại lợi ích cho nhân loại. Ông dự đoán con người sẽ được giải phóng khỏi công việc hằng ngày và có nhiều thời gian rảnh rỗi hơn. Ông dự đoán rằng việc kiểm soát sinh đẻ một ngày nào đó sẽ được phổ biến rộng rãi.

Năm 1795, việc những dự đoán này là một điều vô vọng.

Benjamin Franklin và Hầu tước Condorcet đều sống ở thời mà cuộc sống thì ngắn ngủi và tàn bạo còn khoa học vẫn ở trong giai đoạn trứng nước. Nhìn lại những dự đoán này, chúng ta hoàn toàn có thể đánh giá cao những tiến bộ nhanh chóng trong khoa học và công nghệ, tạo ra đủ của cải vật chất để nâng hàng tỷ người khỏi sự tàn phá của quá khứ. Nhìn lại thế giới của Franklin và Condorcet, chúng ta có thể đánh giá cao rằng, trong tất cả những sáng tạo của nhân loại cho đến nay, điều quan trọng nhất là tạo ra khoa học. Khoa học đã đưa chúng ta thoát khỏi đáy sâu bùn lầy và nâng chúng ta lên ngưỡng của các vì sao.

Nhưng khoa học không đứng yên. Như đã đề cập, vào năm 2100, con người sẽ có sức mạnh của các vị thần mà chúng ta từng tôn thờ và sợ hãi. Đặc biệt, cuộc cách mạng máy tính sẽ cho chúng ta khả năng thao túng vật chất bằng tâm trí, cuộc cách mạng công nghệ sinh học sẽ cho chúng ta khả năng tạo ra cuộc sống gần như theo ý muốn và kéo dài tuổi thọ, và cuộc cách mạng công nghệ nano có thể cho chúng ta khả năng thay đổi hình thức của các đồ vật, thậm chí tạo ra chúng từ hư không. Và tất cả điều này cuối cùng có thể dẫn đến việc hình thành nền văn minh hành tinh loại I. Vì vậy, thế hệ con người hiện nay có vai trò quan trọng nhất trên Trái đất, vì chúng ta sẽ xác định xem liệu mình có đạt được nền văn minh loại I hay rơi vào vực thẳm hay không.

Nhưng bản chất của khoa học là trung lập về mặt đạo đức. Khoa học như thanh gươm hai lưỡi, có thể cắt giảm nghèo đói, bệnh tật, dốt nát nhưng cũng có thể làm ta bị thương. Sử dụng thanh gươm hùng mạnh này như thế nào phụ thuộc vào sự khôn ngoan của người dùng.

Như Einstein đã từng nói: "Khoa học chỉ có thể xác định cái gì là, nhưng không phải cái gì sẽ là; và hơn thế nữa, những đánh giá giá trị của nó sẽ luôn không thể thiếu. Khoa học giải quyết một số vấn đề, chỉ để tạo ra những vấn đề khác, nhưng ở mức độ cao hơn."

Chúng ta đã nhìn thấy khía cạnh tàn phá của khoa học trong Thế chiến I và II. Thế giới đã chứng kiến những cảnh tượng kinh hoàng trên quy mô chưa từng thấy do khoa học mang lại, với sự ra đời của khí độc, súng máy, hỏa hoạn trên toàn thành phố và bom nguyên tử. Sự tàn bạo ở đầu thế kỷ 20 đã giải phóng bạo lực gần như vượt quá sự hiểu biết của chúng ta.

Nhưng khoa học cũng cho phép nhân loại xây dựng lại và vượt lên trên đống đổ nát của chiến tranh, tạo ra hòa bình và thịnh vượng hơn cho hàng tỷ người. Vì vậy, sức mạnh thực sự của khoa học là nó cho phép và trao quyền cho con người – cho chúng ta nhiều lựa chọn hơn. Khoa học khuếch đại tinh thần sáng tạo, đổi mới và bền bỉ của nhân loại, cũng như những yếu kém rõ ràng của con người.

CHÌA KHÓA ĐẾN TƯƠNG LAI: SỰ THÔNG THÁI

Do đó, chìa khóa là tìm sự thông thái cần thiết để sử dụng thanh gươm khoa học này. Như nhà triết học Immanuel Kant từng nói: "Khoa học là kiến thức có tổ chức. Sự thông thái là cuộc sống có tổ chức." Theo tôi, sự thông thái là khả năng xác định các vấn đề quan trọng trong thời đại của chúng ta, phân tích chúng từ nhiều quan điểm và góc nhìn và sau đó chọn ra vấn đề mang mục tiêu và nguyên tắc cao quý.

Trong xã hội con người, sự thông thái không dễ để đạt được. Như Isaac Asimov đã từng nói: "Khía cạnh buồn nhất của xã hội hiện nay là khoa học tập hợp tri thức nhanh hơn xã hội tập hợp sự thông thái." Không giống như thông tin, nó không thể được truyền tải qua blog và trò chuyện trên Internet. Vì chúng ta đang chìm đắm trong một đại dương thông tin, hàng hóa quý giá nhất trong xã hội hiện đại là sự thông thái. Nếu không có sự thông thái và sáng suốt, chúng ta sẽ bị trôi dạt vô định và không có mục đích, với một cảm giác trống rỗng sau khi thông tin không giới hạn mất đi tính mới lạ.

Nhưng sự thông thái đến từ đâu? Một phần, sự thông thái xuất phát từ các cuộc tranh biện dân chủ dựa trên lý luận và giàu kiến thức giữa các phe đối lập. Các cuộc tranh biện này thường lộn xộn, không lịch sự và luôn luôn hỗn loạn, nhưng giữa sấm sét và khói lửa sẽ nổi lên sự sáng suốt chân chính. Trong xã hội chúng ta, cuộc tranh biện này xuất hiện dưới hình thức dân chủ. Như Winston Churchill từng quan sát: "Dân chủ là hình thức tồi tệ nhất của chính phủ, ngoại trừ tất cả những hình thức khác đã từng được thử qua thời gian."

Vì vậy, dân chủ không phải là dễ dàng. Bạn phải làm việc với nó. George Bernard Shaw từng nói: "Dân chủ là công cụ đảm bảo chúng ta sẽ bị kiểm soát đúng như những gì mình xứng đáng."

Ngày nay, Internet đang nổi lên như một người giám hộ các quyền tự do dân chủ. Các vấn đề đã từng được tranh luận sau cánh cửa đóng kín hiện đang được mổ xẻ và phân tích trên 1.000 trang Web.

Các nhà độc tài sống trong nỗi sợ hãi Internet, sợ hãi những gì sẽ xảy ra khi người dân đứng lên chống lại họ. Vì vậy, ngày nay, cơn ác mộng của năm 1984 đã biến mất, với Internet thay đổi từ một công cụ khủng bố thành một công cụ dân chủ.

Sự thông thái thường sinh ra từ những hỗn loạn trong tranh biện. Nhưng cách chắc chắn nhất để tăng cường tranh biện mạnh mẽ, dân chủ là thông qua giáo dục, vì chỉ có cử tri có học thức mới đưa ra được quyết định về công nghệ xác định số phận nền văn minh của loài người. Mọi người rồi sẽ tự quyết định đưa công nghệ này đến đâu và nên phát triển theo hướng nào, nhưng chỉ có cử tri hiểu biết mới đưa ra được quyết định khôn ngoan.

Thật không may, nhiều người không biết gì về những thách thức to lớn mà chúng ta phải đối mặt trong tương lai. Làm thế nào chúng ta có thể tạo ra các ngành công nghiệp mới để thay thế những ngành cũ? Làm thế nào chúng ta sẽ chuẩn bị những người trẻ tuổi cho thị trường việc làm của tương lai? Chúng ta nên đẩy kỹ thuật di truyền ở người đến đâu? Làm thế nào chúng ta có thể cải tiến một hệ thống giáo dục mục nát, rối loạn chức năng để đáp ứng những thách thức của tương lai? Làm thế nào chúng ta có thể đối phó với sự nóng lên toàn cầu và phổ biến hạt nhân?

Chìa khóa cho một nền dân chủ là một cử tri có học và có trình độ văn hóa cao, biết nói chuyện hợp lẽ về các vấn đề hiện tại. Mục đích của cuốn sách này là để giúp bắt đầu cuộc tranh biện mà sẽ xác định cách thế kỷ này mở ra.

TƯƠNG LAI NHƯ MỘT CON TÀU CHỞ HÀNG

Tóm lại, tương lai là do chúng ta tạo ra. Không có gì là không thể thay đổi. Như Shakespeare đã viết trong *Julius Caesar*: "Lỗi lầm, Brutus thân yêu, không phải từ những ngôi sao chiếu mệnh, mà là trong chính chúng ta ..." Hoặc như Henry Ford đã từng nói, có lẽ ít hùng hồn hơn: "Lịch sử ít nhiều chẳng có ý nghĩa gì. Đó là truyền thống. Chúng ta

không muốn truyền thống. Chúng ta muốn sống trong hiện tại và lịch sử duy nhất đáng giá là lịch sử chúng ta làm nên ngày hôm nay."

Vì vậy, tương lai giống như một con tàu chở hàng khổng lồ chạy trên đường ray, dẫn đường cho con người. Đằng sau con tàu này là mồ hôi và sự vất vả của hàng ngàn nhà khoa học đang phát minh ra tương lai trong phòng thí nghiệm của họ. Bạn có thể nghe thấy tiếng còi tàu. Nó nói: công nghệ sinh học, trí thông minh nhân tạo, công nghệ nano và viễn thông. Tuy nhiên, phản ứng của một số người là: "Tôi quá già. Tôi không thể học được thứ này. Tôi sẽ chỉ nằm xuống và để con tàu chạy qua." Nhưng những người trẻ, đầy năng lượng và tham vọng sẽ nói: "Hãy đưa tôi lên chuyến tàu đó! Con tàu này đại diện cho tương lai của tôi. Đó là vận mệnh của tôi. Đưa tôi vào chỗ ngồi của tài xế."

Chúng ta hãy hy vọng rằng những người trong thế kỷ này sử dụng thanh gươm khoa học thật khôn ngoan và với lòng từ bi.

Nhưng có lẽ để hiểu rõ hơn cuộc sống của con người trong nền văn minh hành tinh, hãy thử cùng sống một ngày trong năm 2100, để xem những công nghệ này sẽ ảnh hưởng như thế nào đến cuộc sống hằng ngày cũng như sự nghiệp, hy vọng và ước mơ của chúng ta.

Từ Aristotle đến Thomas Aquinas, hoàn hảo có nghĩa là sự thông thái đâm rễ từ kinh nghiệm và trong các mối quan hệ mà qua đó đời sống đạo đức được học qua các tấm gương. Sự hoàn hảo của con người không nằm trong sự tăng cường gen, mà là tăng cường tính cách.

—STEVEN POST

9 MỘT NGÀY SỐNG TRONG NĂM 2100

6:15, NGÀY 1 THÁNG 1 NĂM 2100

Sau đêm tiệc đón năm mới tưng bừng, bạn đang ngủ say.

Đột nhiên, màn hình tường của bạn sáng lên. Một khuôn mặt thân thiện, quen thuộc xuất hiện trên màn hình. Đó là Molly, chương trình phần mềm bạn đã mua gần đây. Molly thông báo vui vẻ: "John, dậy thôi. Anh phải đến văn phòng ngay. Đích thân anh. Việc quan trọng đấy."

"Đợi đã, Molly! Cô đùa đấy hả!" Bạn càu nhàu. "Hôm nay là ngày đầu năm mà và tôi đang ngất ngây vì rượu đây. Mà có chuyện gì quan trọng đến vậy?"

Bạn từ từ kéo mình ra khỏi giường và miễn cưỡng đi vào phòng tắm. Trong khi rửa mặt, hàng trăm cảm biến ADN và protein ẩn trong gương, bồn cầu và bồn rửa mặt âm thầm hoạt động, phân tích các phân tử phát ra từ hơi thở và dịch cơ thể, kiểm tra các tín hiệu dù là nhỏ nhất của bất kỳ bệnh nào ở mức độ phân tử.

Rời khỏi phòng tắm, bạn quấn một vài sợi dây xung quanh đầu, cho phép bạn điều khiển nhà của mình một cách thần kỳ: bạn tăng

nhiệt độ căn hộ, bật nhạc nhẹ nhàng, nói với robot đầu bếp chuẩn bị bữa sáng và pha cà phê, gọi chiếc xe từ tính của bạn rời khỏi gara và sẵn sàng đón bạn. Khi bước vào nhà bếp, bạn sẽ thấy cánh tay cơ khí của đầu bếp robot chuẩn bị trứng theo cách bạn thích.

Sau đó, bạn đeo kính áp tròng và kết nối với Internet. Chớp mắt một cái, bạn truy cập Internet được chiếu trên võng mạc của mắt bạn. Trong khi thưởng thức cà phê nóng, bạn bắt đầu quét các tiêu đề hiện lên trong kính áp tròng của mình.

- Tiền đồn trên Sao Hỏa đang cần nhiều đồ tiếp tế hơn. Mùa đông trên Sao Hỏa đang đến gần. Nếu những người định cư hoàn thành giai đoạn khai phá tiếp theo, họ cần nhiều nguồn lực hơn từ Trái đất để đối phó với thời tiết băng giá. Bước đầu tiên của kế hoạch địa cầu hóa Sao Hỏa là tăng nhiệt độ bề mặt.
- Các con tàu liên sao đầu tiên đã sẵn sàng phóng lên. Hàng triệu nanobot, mỗi nanobot nhỏ bằng đầu kim, sẽ được phóng từ căn cứ Mặt trăng, bay quanh Sao Mộc và lợi dụng từ trường của nó để đến ngôi sao gần đó. Tuy nhiên, sẽ mất nhiều năm để một số ít các nanobot đến được đích ở một hệ sao khác.
- Một động vật tuyệt chủng khác sẽ gia nhập sở thú địa phương. Lần này, đây là một con hổ răng kiếm, được hồi sinh nhờ ADN đóng băng được tìm thấy trong lãnh nguyên. Do Trái đất đang nóng lên, ngày càng có nhiều ADN của động vật đã tuyệt chủng được phục hồi và nhân bản vô tính để đưa vào các vườn thú trên toàn thế giới.
- Thang máy không gian, sau nhiều năm vận chuyển hàng hóa vào không gian, hiện đang mở dịch vụ hạn chế cho khách du lịch. Chi phí đi lại không gian đã giảm khoảng 50 lần trong những năm gần đây từ khi loại thang máy này được vận hành.
- Các nhà máy nhiệt hạch lâu đời nhất hiện nay đã hoạt động gần 50 năm. Đã đến lúc bắt đầu ngừng hoạt động một số trong số đó và xây dựng những nhà máy mới.

- Các nhà khoa học đang theo dõi cẩn thận một loại virus gây chết người mới đột nhiên xuất hiện từ Amazon. Cho đến nay, nó dường như chỉ xuất hiện giới hạn ở một khu vực nhỏ, nhưng hiện vẫn chưa tìm ra cách chữa trị. Các nhóm các nhà khoa học đang khẩn trương giải mã các gen của virus này để tìm ra các điểm yếu nhằm chống lại nó.

Đột nhiên, một tin đập vào mắt bạn:

- Một vụ rò rỉ lớn đã được phát hiện bất ngờ ở hệ thống đê bao quanh Manhattan. Nếu không được sửa chữa, toàn bộ thành phố có thể bị ngập nước, giống như các thành phố khác trong quá khứ.

"À!" Bạn tự nhủ. "Hóa ra vì thế mà văn phòng gọi và đánh thức mình dây."

Bạn bỏ qua bữa sáng, thay quần áo, và đi ra khỏi cửa. Xe của bạn, đã ra khỏi nhà để xe và đợi sẵn. Bạn dùng tâm trí yêu cầu chiếc xe đưa bạn đến văn phòng càng nhanh càng tốt. Chiếc xe từ tính ngay lập tức truy cập Internet, GPS và hàng tỷ con chip ẩn trên đường liên tục theo dõi giao thông.

Xe từ tính của bạn cất cánh nhẹ nhàng, trôi nổi trên một tấm đệm từ tính được tạo ra bởi vỉa hè siêu dẫn. Khuôn mặt Molly đột nhiên xuất hiện trên kính chắn gió của chiếc xe. "John, tin nhắn mới nhất từ văn phòng cho biết mọi người sẽ gặp nhau trong phòng họp. Ngoài ra, có một tin nhắn video từ chị gái anh."

Với chiếc xe tự lái, bạn có thời gian để quét thư video của chị mình. Hình ảnh của chị gái xuất hiện trên đồng hồ đeo tay và nói: "John, đừng quên cuối tuần này là sinh nhật sáu tuổi của Kevin nhé. Em đã hứa sẽ mua cho nó chú chó robot mới nhất. Nhân tiện, em có đang hẹn hò với ai không? Chị đã chơi bài trên Internet và gặp một người em có thể thích."

"Ừm..." Bạn tự nhủ.

Bạn thích di chuyển trong chiếc xe từ tính của mình. Không phải lo va chạm hay ổ gà, vì nó đang lơ lửng trên đường. Tuyệt nhất là bạn hiếm khi phải nạp nhiên liệu, vì hầu như không có ma sát để làm chậm nó lại. (Bạn tự nhủ, thật khó tin là đã có một cuộc khủng hoảng năng lượng vào đầu thế kỷ này. Bạn lắc đầu, nhận ra rằng phần lớn năng lượng đó đã bị lãng phí trong việc vượt qua ma sát.)

Bạn nhớ lại lúc đường cao tốc siêu dẫn mới xuất hiện. Các phương tiện truyền thông than thở rằng kỷ nguyên điện sắp qua, nhường chỗ cho kỷ nguyên từ tính mới. Thực ra, bạn thấy không có gì luyến tiếc kỷ nguyên điện. Liếc ra bên ngoài, trông thấy những chiếc xe hơi, xe tải và xe lửa kiểu dáng đẹp lướt qua bạn trong không trung, bạn nhận ra rằng từ tính là hướng đi đúng đắn và tiết kiệm trong quá trình này.

Xe từ tính của bạn bây giờ đi qua bãi rác của thành phố. Bạn thấy phần lớn rác là các bộ phận của máy tính và robot. Với những con chip có giá gần như không đáng kể, thậm chí rẻ hơn nước, những con chip lỗi thời đang chồng chất trong các bãi rác thành phố trên khắp thế giới. Đã từng có bài nói chuyện về việc xả chip như xả rác.

VĂN PHÒNG

Cuối cùng, bạn đến tòa nhà văn phòng của mình, trụ sở một công ty xây dựng lớn. Khi đi vào, bạn hầu như không nhận ra một tia laser âm thầm kiểm tra mống mắt và nhận diện khuôn mặt của bạn. Không cần đến thẻ bảo mật nhựa. Căn cước của bạn chính là cơ thể bạn.

Phòng hội thảo gần như trống rỗng, chỉ có một vài đồng nghiệp ngồi quanh bàn. Nhưng sau đó, trong kính áp tròng của bạn, hình ảnh 3-D của những người tham gia bắt đầu nhanh chóng hiện lên xung quanh bàn. Những người không thể đến văn phòng đều ở đây dưới hình ảnh toàn ký ba chiều.

Bạn nhìn quanh phòng. Kính áp tròng xác định tất cả những người ngồi ở bàn, hiển thị tiểu sử và xuất thân của họ. Bạn nhận ra có

khá nhiều nhân vật lớn. Bạn ghi lại trong đầu những người quan trọng tham dự.

Hình ảnh sếp bạn đột nhiên xuất hiện trên ghế của ông ấy. "Các quý ông," ông tuyên bố, "như các bạn đã biết, các con đê quanh Manhattan đột nhiên bắt đầu rò rỉ. Đây là vấn đề nghiêm trọng, nhưng chúng ta đã phát hiện kịp thời, nên không có nguy cơ sụp đổ. Tuy nhiên, thật không may, các robot chúng ta gửi xuống để sửa chữa các tuyến đê đã thất bại."

Ngay lập tức, đèn mờ đi và bạn hoàn toàn bị bao quanh bởi hình ảnh 3-D của đê dưới nước. Bạn hoàn toàn chìm đắm trong nước, hình ảnh của đê với một vết nứt lớn đập vào mắt bạn.

Khi hình ảnh quay, bạn có thể thấy chính xác vị trí rò rỉ. Bạn có thể nhìn thấy một vết đứt lớn, lạ lùng trong đê làm bạn chú ý. "Robot không xử lý được." Sếp của bạn tiếp tục. "Đây là một loại rò rỉ không nằm trong chương trình của chúng. Chúng ta cần phải gửi những người có kinh nghiệm xuống đó, những người có thể đánh giá tình hình và ứng biến. Tôi cũng lưu ý các bạn rằng nếu chúng ta thất bại, New York có thể chịu chung số phận như những thành phố lớn khác, một số thành phố hiện đang chìm dưới nước."

Cả nhóm khẽ rùng mình. Mọi người đều biết tên của các thành phố lớn đã bị bỏ rơi khi mực nước biển dâng lên. Mặc dù công nghệ tái tạo và năng lượng nhiệt hạch đã thay thế nhiên liệu hóa thạch từ nhiều thập kỷ trước trở thành nguồn năng lượng chính, nhưng người ta vẫn đang phải chịu khí cacbonic đã thải vào khí quyển ở đầu thế kỷ trước.

Sau một hồi, cuộc họp quyết định gửi một đội robot được điều khiển bởi con người. Đây là công việc của bạn. Bạn đã giúp thiết kế những robot này. Các nhân viên được đào tạo được đặt trong hộp, nơi có các điện cực đặt quanh đầu của họ. Tín hiệu não của họ cho phép liên lạc với robot. Từ trong hộp, người đó có thể nhìn thấy và cảm nhận mọi thứ mà robot thấy và cảm nhận. Giống như là bạn đang ở hiện trường, ngoại trừ trong một cơ thể siêu phàm mới.

Bạn hoàn toàn tự hào về công việc của mình. Những robot được điều khiển bằng tâm trí này đã nhiều lần chứng tỏ giá trị của chúng. Căn cứ Mặt trăng chủ yếu được kiểm soát bởi những nhân viên là con người đang thư thái nằm trong khoang ở trên Trái đất. Nhưng vì phải mất khoảng một giây để tín hiệu vô tuyến tiếp cận Mặt trăng nên họ phải được huấn luyện để điều chỉnh thời gian trễ này.

(Bạn cũng sẽ muốn đưa robot của mình lên căn cứ Sao Hỏa. Nhưng vì phải mất đến 20 phút để tín hiệu chạm tới Sao Hỏa và 20 phút để quay trở lại, giao tiếp với robot trên Sao Hỏa sẽ quá khó, nên thôi thì đành vậy. Than ôi, cho tất cả sự tiến bộ của chúng ta, có một điều bạn không thể điều chỉnh: tốc độ ánh sáng.)

Nhưng có điều gì đó vẫn làm bạn lăn tăn tại cuộc họp.

Cuối cùng, bạn thu hết can đảm để ngắt lời sếp. "Thưa ông, tôi ghét phải nói điều này, nhưng nhìn vào chỗ rò rỉ trên đê thì có vẻ vết nứt là một trong những robot của chúng ta gây ra."

Căn phòng ngay lập tức đầy những tiếng rì rầm. Bạn có thể nghe các điệp khúc phản đối đang tăng dần: "Robot của chúng ta? Không thể nào. Vô lý. Điều này chưa từng xảy ra trước đây."

Sau đó, sếp của bạn trấn tĩnh mọi người và phát biểu nghiêm túc. "Tôi sợ ai đó sẽ nêu ra vấn đề này, vì vậy hãy để tôi nói rằng đây là một vấn đề quan trọng, phải được giữ bí mật. Thông tin này không được rời khỏi phòng họp, cho đến khi chúng ta phát hành thông cáo báo chí chính thức. Đúng vậy, sự rò rỉ là do một trong những robot đột nhiên mất kiểm soát."

Căn phòng trở nên hỗn loạn. Mọi người đang lắc đầu. Làm sao có thể?

"Robot của chúng ta rất hoàn hảo." Sếp bạn nhấn mạnh. "Hoàn toàn không có lỗi. Chưa từng có robot nào gây ra bất kỳ tai nạn nào. Cơ chế sai hỏng-an toàn của chúng đã được chứng minh lặp đi lặp lại nhiều lần là rất hiệu quả. Chúng ta đã ghi nhận những kết quả đó.

Nhưng như mọi người đã biết, thế hệ robot tiên tiến mới nhất của chúng ta sử dụng máy tính lượng tử, đó là tính năng thông minh nhất hiện nay, thậm chí tiếp cận trí thông minh của con người. Đúng vậy, trí thông minh của con người. Và trong lý thuyết lượng tử, luôn luôn có một xác suất nhỏ nhưng xác định rằng sai hỏng sẽ xảy ra. Trong trường hợp này, mọi thứ sẽ mất kiểm soát."

Bạn trở lại ghế, choáng ngợp trước thông tin này.

TRỞ VỀ NHÀ

Đó là một ngày rất dài, đầu tiên là tổ chức một đột robot sửa chữa để sửa chữa rò rỉ và sau đó tắt tất cả các robot thử nghiệm sử dụng máy tính lượng tử, ít nhất là cho đến khi vấn đề này cuối cùng được giải quyết. Bạn rồi cũng trở về nhà. Bạn đã kiệt sức. Ngay khi thả mình thoải mái trên ghế sofa, Molly xuất hiện trên màn hình. "John, anh có một tin nhắn quan trọng từ bác sĩ Brown."

Bác sĩ Brown? Bác sĩ robot của bạn muốn nói gì?

"Đưa ông ấy lên màn hình." Bạn nói với Molly. Bác sĩ của bạn xuất hiện trên màn hình tường. "Bác sĩ Brown" thực đến nỗi đôi khi bạn quên rằng đó chỉ là một chương trình phần mềm.

"Xin lỗi vì đã làm phiền anh, John, nhưng có một việc anh phải chú ý. Anh có nhớ vụ tai nạn trượt tuyết của anh năm ngoái không, vụ đó khiến anh suýt chết?"

Làm sao bạn có thể quên? Bạn vẫn còn thấy rùng mình khi nhớ lại cảnh va vào một cái cây khi đang trượt tuyết trong dãy núi Alps. Vì tuyết ở đây đã tan gần hết nên bạn phải chọn một khu nghỉ mát xa lạ ở độ cao rất cao. Không quen với địa hình, bạn vô tình ngã nhào xuống dốc và đâm sầm vào một cụm cây ở tốc độ 65 km/h. Rầm!

Bác sĩ Brown tiếp tục: "Bệnh án cho thấy anh bị ngã đến bất tỉnh, bị chấn động và chấn thương bên trong nghiêm trọng, nhưng chính quần áo đã cứu sống anh."

Tuy bấy giờ bạn đã bất tỉnh nhưng quần áo vẫn tự động gọi xe cứu thương, tải lên lịch sử y tế của bạn và định vị tọa độ chính xác. Sau đó, tại các bệnh viện, robot thực hiện vi phẫu để cầm máu, khâu các mạch máu bị vỡ nhỏ và sơ cứu các tổn thương khác.

"Dạ dày, gan và ruột của anh bị tổn thương không thể sửa chữa." Bác sĩ Brown nhắc nhở bạn. "May mắn thay, chúng tôi có thể phát triển một bộ tạng mới cho anh đúng lúc."

Đột nhiên, bạn cảm thấy mình hơi giống robot, với rất nhiều bộ phận của là các cơ quan được trồng trong một nhà máy sản xuất mô.

"Anh biết không, John, bệnh án của anh cũng cho thấy anh có thể đã thay thế cánh tay bị gãy bằng một cánh tay hoàn toàn cơ khí. Mẫu mới nhất sẽ tăng sức mạnh cánh tay của anh lên gấp năm lần. Nhưng anh đã từ chối."

"Đúng vậy." Bạn trả lời. "Tôi đoán mình là một gã lỗi thời. Tôi sẽ luôn chọn thịt thay vì sắt thép."

"John, chúng ta phải kiểm tra định kỳ các cơ quan mới của anh. Hãy lấy máy quét cộng hưởng từ chức năng và từ từ quét nó trên vùng bụng anh."

Bạn đi vào phòng tắm và lấy một thiết bị nhỏ như điện thoại di động và từ từ quét qua các cơ quan. Ngay lập tức bạn có thể nhìn thấy hình ảnh ba chiều của các cơ quan bên trong cơ thể hiện lên trên màn hình tường.

"John, chúng ta sẽ phân tích những hình ảnh này để xem cơ thể anh đang hồi phục như thế nào. Nhân tiện, sáng nay các cảm biến ADN trong phòng tắm đã phát hiện anh có khối u ung thư đang phát triển trong tuyến tụy."

"Ung thư?" Bạn đứng phắt dậy. Bạn đang bối rối. "Nhưng bệnh ung thư đã được thanh toán từ nhiều năm trước. Thậm chí không ai nói về nó nữa. Làm sao tôi có thể bị ung thư?"

"Thực ra, các nhà khoa học chưa bao giờ chữa khỏi bệnh ung thư. Hãy nói rằng chúng ta đang ở trong một thỏa thuận ngừng bắn với bệnh ung thư, một bế tắc. Có quá nhiều loại ung thư. Giống như cảm lạnh thông thường. Chúng tôi cũng không bao giờ chữa khỏi được. Chúng tôi chỉ đơn giản là giữ không cho nó phát triển thêm. Tôi đã đặt mua một số hạt nano để diệt những tế bào ung thư đó. Chỉ có vài trăm tế bào. Cũng bình thường thôi. Nhưng nếu không có sự can thiệp này, có lẽ anh sẽ chết trong khoảng bảy năm tới." Ông lạnh lùng nói.

"Ồ, nhẹ cả người!" Bạn tự nhủ.

"Đúng vậy, ngày nay chúng ta có thể phát hiện ra ung thư trước khi một khối u hình thành nhiều năm." Bác sĩ Brown nói.

"Khối u? Nó là cái gì thế?"

"Ồ, đó là một từ cổ chỉ một loại ung thư tiến triển. Nó gần như đã biến mất khỏi từ vựng thông thường."

"Chúng tôi không bao giờ nhìn thấy chúng nữa." Bác sĩ Brown nói thêm.

Trong cơn bấn loạn, bạn quên mất chị gái đã dọa sẽ kết nối bạn với một ai đó. Bạn lại gọi Molly.

"Molly, tôi chưa có kế hoạch gì vào cuối tuần này, hãy sắp xếp cho tôi một cuộc hẹn hò! Cô biết tôi thích kiểu người thế nào mà."

"Đúng vậy, sở thích của anh được lập trình trong bộ nhớ của tôi. Chờ một chút, tôi sẽ quét Internet." Lát sau, Molly hiển thị các hồ sơ của các ứng viên đầy triển vọng, những người cũng đang ngồi trước màn hình tường của họ, hỏi cùng một câu hỏi.

Sau khi quét các ứng viên, cuối cùng bạn chọn một người gây ấn tượng cho bạn. Người này, tên là Karen, trông khá đặc biệt, bạn nghĩ. "Molly, gửi cho Karen một tin nhắn lịch sự, hỏi xem cô ấy có rảnh cuối tuần này không. Có một nhà hàng mới mở mà tôi muốn thử."

Rồi Molly sau đó gửi cho Karen một thư video có hồ sơ của bạn.

Đêm đó, bạn thư giãn cùng vài đồng nghiệp đến nhà uống bia và xem bóng bầu dục. Bạn của bạn có thể cũng xem trận bóng bằng cách xuất hiện trong phòng khách của bạn thông qua hình ảnh ba chiều, nhưng nói gì thì nói, cổ vũ trực tiếp cùng bạn bè vẫn thú vị. Bạn mỉm cười, tưởng tượng rằng hàng ngàn năm trước, đây cũng là cách người thượng cổ giao tiếp với nhau.

Đột nhiên, toàn bộ phòng khách được chiếu sáng, và như thể bạn đang ở ngay trên sân vận động, ở vạch giữa sân. Khi tiền vệ chuyền bóng về phía trước, bạn đứng ngay bên cạnh anh ta. Trận bóng đang diễn ra xung quanh bạn.

Trong giờ nghỉ giải lao, bạn cùng bạn bè bình luận về các cầu thủ. Nhấm nháp bia và bỏng ngô, bạn tranh luận sôi nổi ai tập luyện nhiều nhất, ai tập luyện khó khăn nhất, đội nào có huấn luyện viên giỏi nhất và có chuyên gia trị liệu gen tốt nhất. Tất cả đều đồng ý rằng, đội bóng của bạn có nhà di truyền học giỏi nhất giải đấu, mua được những gen tốt nhất.

Sau khi bạn bè rời đi, bạn vẫn còn phấn khích chưa ngủ được. Vì vậy, bạn quyết định chơi một ván poker.

"Molly," bạn nói, "đã muộn rồi, nhưng tôi muốn chơi vài ván poker. Hình như vận đỏ của tôi đang đến. Ai đó chắc vẫn còn thức ở Anh, Trung Quốc, Ấn Độ, hay Nga, họ có thể muốn chơi một vài ván ngay bây giờ."

"Không sao!" Molly nói. Một số khuôn mặt đầy hứa hẹn sẽ xuất hiện trên màn hình. Vì hình ảnh 3-D của mỗi người chơi sẽ hiện thực hóa trong phòng khách, bạn thích thú nghĩ xem ai có thể lừa được những người còn lại. Thật thú vị, khi bạn cảm thấy những người ở cách xa hàng ngàn cây số còn thân quen hơn cả hàng xóm nhà mình. Ranh giới quốc gia không có ý nghĩa nhiều trong thời đại này.

Cuối cùng, ngay trước khi bạn đi ngủ, Molly hiện lên trong tấm gương phòng tắm và ngắt lời bạn lần nữa.

"John, Karen đã chấp nhận lời mời của anh. Mọi thứ đã được sắp xếp vào cuối tuần này. Tôi sẽ đặt chỗ tại nhà hàng mới đó. Anh có muốn xem bản giới thiệu cô ấy tự viết không? Anh có muốn tôi quét Internet để xác minh tính chính xác của tiểu sử không? Đã từng có chuyện... à... gian dối về hồ sơ."

"Không!" Bạn nói. "Hãy coi đó như một bất ngờ cuối tuần." Sau trò poker, bạn cảm thấy vận may lại tới.

CUỐI TUẦN

Giờ là ngày cuối tuần và là lúc mua quà cho Kevin. "Molly, chiếu hình ảnh trung tâm mua sắm lên màn hình giúp tôi."

Trung tâm mua sắm đột nhiên xuất hiện trên màn hình tường. Bạn khoát tay và hình ảnh trên màn hình tường đi theo một con đường xuyên qua trung tâm mua sắm. Bạn thực hiện chuyến tham quan ảo cho đến khi thấy hình ảnh cửa hàng đồ chơi. Thật tuyệt, họ có chính xác các vật nuôi robot đồ chơi mà bạn muốn. Bạn dùng tâm trí để đặt xe đến trung tâm mua sắm. (Bạn có thể đặt mua trực tuyến. Hoặc dùng bản thiết kế được gửi qua email để làm đồ chơi ở nhà với vật liệu có thể lập trình. Nhưng cũng tốt khi thỉnh thoảng ra khỏi căn hộ và mua sắm trực tiếp.)

Từ trong chiếc xe từ tính đang bay, bạn thấy mọi người đang đi dạo. Đó là một ngày tuyệt vời. Bạn cũng thấy đủ loại robot. Robot để dắt chó đi. Robot nhân viên, đầu bếp, nhân viên tiếp tân và vật nuôi. Dường như mọi công việc nguy hiểm, lặp đi lặp lại hoặc chỉ yêu cầu sự tương tác đơn giản nhất của con người đều được thực hiện bởi robot. Trên thực tế, robot giờ đây là một ngành kinh doanh lớn. Ở khắp mọi nơi, bạn đều bắt gặp quảng cáo giới thiệu nhà cung cấp dịch vụ sửa chữa, nâng cấp hoặc tạo robot. Bất cứ ai trong lĩnh vực robot đều có một tương lai tươi sáng. Kinh doanh robot lớn hơn ngành công nghiệp ô tô của thế kỷ trước. Và bạn nhận ra, hầu hết các robot đều khuất khỏi tầm nhìn, âm thầm sửa chữa cơ sở hạ tầng của thành phố và duy trì các dịch vụ thiết yếu.

Khi bạn đến cửa hàng đồ chơi, một nhân viên robot chào đón bạn ở lối vào. "Tôi có thể giúp gì cho ông?" Nó nói.

"Vâng, tôi muốn mua một con chó robot."

Bạn nhìn qua những chú chó robot mới nhất. Lũ robot vật nuôi này có thể làm đủ thứ tuyệt vời, bạn tự nhủ. Chúng có thể chơi, chạy, lấy, làm bất cứ điều gì một con chó có thể làm. Tất cả mọi thứ trừ đi tiểu trên thảm. Có lẽ đó là lý do tại sao cha mẹ mua chúng cho con cái của họ, bạn trầm ngẫm nghĩ.

Sau đó, bạn nói với robot bán hàng: "Tôi muốn mua một robot vật nuôi cho đứa cháu trai sáu tuổi. Nó rất thông minh nhưng có phần nhút nhát và trầm tính. Ở đây có loại chó nào giúp cháu tôi cởi mở hơn không?"

Robot đáp: "Xin lỗi, thưa ông. Điều này nằm ngoài chương trình của tôi. Liệu tôi có thể giới thiệu với ông một món đồ chơi không gian khác không?"

Bạn quên rằng robot, có linh hoạt đến đâu đi nữa, cũng còn lâu mới hiểu được hành vi của con người.

Sau đó, bạn đi đến cửa hàng dành cho nam giới. Đến lúc cần phải thay những trang phục cổ lỗ sĩ trên người nếu bạn muốn gây ấn tượng trong ngày hẹn hò đầu tiên. Bạn thử một vài bộ vest thiết kế. Tất cả đều trông rất phong cách, nhưng lại không vừa. Bạn thấy thất vọng. Nhưng sau đó bạn rút thẻ tín dụng ra, trong đó có chứa mọi phép đo 3-D chính xác của bạn. Dữ liệu của bạn được đưa vào máy tính, và sau đó một bộ đồ mới đang được cắt tại một nhà máy và sớm được gửi đến tận nhà bạn. Luôn vừa vặn với bạn.

Cuối cùng, bạn đi đến siêu thị. Bạn quét tất cả các con chip ẩn trong mỗi bảng nhựa trong siêu thị và sau đó kính áp tròng của bạn sẽ so sánh giá xem cửa hàng nào có sản phẩm rẻ nhất, tốt nhất. Không cần phải đoán xem chỗ nào có giá thấp nhất.

CUỘC HẸN

Bạn đã mong chờ ngày này cả tuần. Chuẩn bị gặp Karen, bạn ngạc nhiên nhận ra mình lại cảm thấy như một cậu học sinh. Bạn nghĩ nếu muốn mời cô ấy đến nhà sau bữa tối thì phải sửa chữa chút ít số nội thất cũ kỹ trong nhà. May mắn thay, gần như quầy bếp và đồ nội thất phòng khách đều được làm bằng vật liệu lập trình.

"Molly," bạn nói, "cô có thể chỉ cho tôi danh mục các quầy bếp và đồ nội thất mới không? Tôi muốn lập trình lại đồ nội thất. Trông nó cũ quá."

Ngay sau đó, những hình ảnh của các thiết kế đồ nội thất mới nhất nhấp nháy trên màn hình.

"Molly, hãy tải các bản thiết kế cho quầy bếp này, cái ghế sofa, cái bàn này và cài đặt chúng."

Trong khi bạn đã sẵn sàng cho cuộc hẹn, Molly tải xuống và cài đặt các bản thiết kế. Ngay lập tức, bàn bếp, ghế sofa phòng khách và bàn bắt đầu tan biến, biến thành thứ gì đó trông giống như bột ma-tít, rồi dần dần tái tạo thành hình dạng mới. Trong một giờ, căn hộ của bạn trông hoàn toàn mới. (Gần đây, bạn đã quét phần bất động sản trên Internet và nhận thấy rằng những ngôi nhà làm bằng vật liệu lập trình đã trở nên khá thời thượng. Trên thực tế, công ty bạn có những kế hoạch đầy tham vọng nhằm tạo ra toàn bộ thành phố trong sa mạc hoàn toàn từ vật liệu có thể lập trình. Nhấn một nút và một thành phố mọc lên tức thì.)

Bạn thấy căn hộ trông vẫn hơi buồn tẻ. Bạn vẫy tay, hình mẫu và màu sắc của giấy dán tường thay đổi ngay lập tức. Hình nền thông minh chắc chắn đánh bại việc phải sơn lại các bức tường, bạn tự nhủ.

Bạn mua một bó hoa trên đường đi và đến chỗ hẹn. Bạn thấy khá thú vị. Mọi chuyện thật suôn sẻ. Có gì đó thật khó tả.

Trong suốt bữa tối, bạn nhận thấy Karen là một họa sĩ. Cô ấy hay nói đùa rằng mình nghèo không xu dính túi và bán tranh dọc vỉa hè.

Thực ra, cô là một nhà thiết kế web rất thành công. Cô ấy còn có công ty riêng. Dường như mọi người đều muốn có những thiết kế mới nhất cho Web. Có nhu cầu rất lớn cho nghệ thuật sáng tạo.

Cô dùng ngón tay vẽ vẽ trong không khí và một số hình ảnh động hiện ra. "Đây là những sáng tạo mới nhất của em." Cô tự hào nói.

Bạn bình luận: "Em biết đấy, là một kỹ sư, anh làm việc với robot suốt cả ngày. Một số robot khá tiên tiến, nhưng chúng đôi khi cũng có thể hành động khá ngu ngốc. Còn lĩnh vực của em thì sao? Có robot tham gia hay không?"

"Tuyệt đối không!" Cô phản đối. Karen kể rằng cô chỉ toàn làm việc với những người sáng tạo, nơi điều được đánh giá cao nhất là trí tưởng tượng, thứ mà những robot tối tân không có.

"Em có thể lỗi thời, nhưng trong lĩnh vực này, bọn em chỉ sử dụng robot để tạo bản sao hoặc làm công việc văn thư." Cô tự hào nói. "Em muốn thấy ngày mà các robot có thể làm điều gì đó thật sự nguyên thủy, như kể một câu chuyện vui, viết một cuốn tiểu thuyết, hoặc sáng tác một bản giao hưởng."

Điều đó chưa xảy ra, nhưng nó có thể, bạn tự nhủ.

Trong khi cô đang nói, một câu hỏi vụt qua tâm trí bạn. Cô ấy bao nhiêu tuổi? Vì quá trình lão hóa bị chậm lại về mặt y tế nhiều năm trước, mọi người có thể ở mọi lứa tuổi. Trang web không nói cô ấy bao nhiêu tuổi. Nhưng trông cô chỉ chưa tới 25.

Sau khi đưa Karen về nhà, bạn bắt đầu mơ mộng. Sẽ như thế nào khi sống với một người như cô ấy? Dành phần còn lại của cuộc đời với cô ấy? Nhưng có cái gì đó khiến bạn không thoải mái. Nó cứ theo bạn dai dẳng cả ngày.

Bạn nhìn màn hình tường và nói: "Molly, xin hãy gọi bác sĩ Brown cho tôi." Bạn bỗng nhiên thấy nhẹ nhõm vì có thể gọi bác sĩ robot ở nhà bất kỳ lúc nào. Và họ không bao giờ phàn nàn hay cằn nhằn. Điều đó không nằm trong chương trình của họ.

Hình ảnh bác sĩ Brown lập tức xuất hiện trên màn hình. "Có điều gì làm phiền cậu vậy, con trai?" Ông hỏi như một người cha.

"Bác sĩ, tôi phải hỏi ông chuyện rắc rối gần đây của tôi."

"Ồ, gì vậy?" Bác sĩ Brown hỏi.

"Bác sĩ," bạn nói, "ông nghĩ tôi sẽ sống bao lâu?"

"Ý anh là tuổi thọ của anh? À, chúng ta không thực sự biết. Hồ sơ của anh nói rằng anh đã 72 tuổi, nhưng các cơ quan sinh học của anh giống như 30 tuổi. Anh thuộc thế hệ đầu tiên được tái lập trình di truyền để sống lâu hơn. Anh đã chọn ngừng lão hóa vào khoảng 30. Những người cùng thế hệ với anh qua đời chưa nhiều, vì vậy chúng tôi không có đủ dữ liệu để kết luận. Vì vậy, chúng tôi không có cách nào để biết anh sẽ sống bao lâu."

"Vậy ông có nghĩ tôi sẽ sống mãi mãi không?" Bạn hỏi.

"Bất tử ư?" Bác sĩ Brown cau mày. "Không, tôi không nghĩ vậy. Có sự khác biệt lớn giữa một người sống mãi mãi và một người có tuổi thọ lâu đến mức vẫn chưa được đo lường."

"Nhưng nếu tôi không già đi," bạn phản đối, "vậy làm thế nào tôi phải biết khi nào nên..." Bạn ngừng lại. "À, được rồi... ông thấy đấy, tôi vừa gặp một người, à, đặc biệt, và giả sử tôi muốn lên kế hoạch cuộc sống với cô ấy, làm cách nào để điều chỉnh các giai đoạn trong cuộc đời tôi với cô ấy? Nếu thế hệ của tôi chưa sống đủ lâu để chết đi," bạn tiếp tục, "sau đó làm thế nào tôi biết khi nào có thể kết hôn, có con rồi kế hoạch nghỉ hưu? Ông biết không, làm cách nào để tôi đặt ra những cột mốc trong cuộc đời mình?"

"Tôi không có câu trả lời cho việc này. Anh thấy đấy, con người bây giờ theo một nghĩa nào đó giống như là những con chuột lang trong phòng thí nghiệm." Bác sĩ Brown nói. "Tôi xin lỗi, John. Vấn đề này vẫn chưa được làm sáng tỏ."

VÀI THÁNG SAU

Những tháng sau đó là khoảng thời gian ngạc nhiên tuyệt vời cho bạn và Karen. Bạn đưa cô ấy đến khu vui chơi thực tế ảo và thật vui khi sống một cuộc đời đầy mộng tưởng ngốc nghếch. Giống như được trở lại là một đứa trẻ một lần nữa. Bạn vào một căn phòng trống. Phần mềm của thế giới ảo được chiếu vào kính áp tròng của bạn, khung cảnh ngay lập tức thay đổi. Trong một chương trình, bạn đang chạy trốn khủng long, nhưng dù chạy đi đâu, một con khủng long khác cũng nhảy ra từ bụi cây. Trong một chương trình khác, bạn đang chiến đấu với người ngoài hành tinh hoặc bọn cướp đang cố gắng lên tàu của bạn. Trong một cảnh khác, bạn quyết định thay đổi loài và biến thành đôi đại bàng đang bay. Và trong một chương trình khác, bạn đang phơi mình trên một hòn đảo Biển Nam lãng mạn, hoặc nhảy múa dưới ánh trăng trong tiếng nhạc du dương.

Sau một thời gian, bạn và Karen muốn thử một cái gì đó mới. Thay vì sống trong cảnh ảo, bạn quyết định sống thật. Vì vậy, khi cả hai có thời gian nghỉ ngơi cùng nhau, bạn quyết định tham gia một tour du lịch châu Âu chớp nhoáng.

Bạn nói với bức tường: "Molly, Karen và tôi muốn lên kế hoạch đi nghỉ ở châu Âu. Một kỳ nghỉ thực sự. Vui lòng kiểm tra các chuyến bay, khách sạn và các chương trình khuyến mãi. Sau đó liệt kê các chương trình hoặc sự kiện có thể khiến chúng tôi quan tâm. Cô biết chúng tôi thích gì mà." Sau vài phút, Molly đã chuẩn bị một hành trình chi tiết.

Sau đó, khi đi bộ qua những phế tích của Đấu trường La Mã, bạn có thể thấy Đế chế La Mã đã hồi sinh trong kính áp tròng của mình. Đi qua các cột, đá và mảnh vụn rải rác, bạn nhìn vào sức mạnh đã từng là đỉnh cao vinh quang của Đế chế La Mã.

Và mua sắm là một niềm vui, ngay cả khi mặc cả trong các cửa hàng ở Ý. Bạn có thể thấy rõ các bản dịch xuất hiện bên dưới người bạn

đang nói chuyện. Và không có những cuốn sách hướng dẫn cùng bản đồ vụng về. Mọi thứ đều nằm trong kính áp tròng của bạn.

Vào ban đêm, nhìn bầu trời đêm ở Rome, bạn có thể thấy rõ các ngôi sao được sắp xếp thành các chòm sao trong kính áp tròng của mình. Liếc nhìn bầu trời, bạn có thể thấy hình ảnh phóng đại của những vành đai Sao Thổ, sao chổi bay lên, những đám mây khí tuyệt đẹp và những ngôi sao đang nổ.

Một ngày nọ, Karen cuối cùng cũng tiết lộ một bí mật, tuổi thật của mình. Cô ấy đã 61 tuổi. Điều đó có vẻ không còn quan trọng nữa.

"Ồ, Karen, em có cảm thấy hạnh phúc hơn khi chúng ta sống lâu đến thế không?"

"Có, có!" Cô trả lời ngay lập tức. "Anh biết đấy, bà em sống ở thời mà khi phụ nữ kết hôn thì có thể phải hy sinh sự nghiệp. Nhưng em thích cảm giác được tái sinh ba lần, với ba nghề nghiệp và không bao giờ hối hận. Đầu tiên, em là một hướng dẫn viên du lịch ở một số quốc gia, đi du lịch khắp thế giới. Đó là một cuộc sống tuyệt vời. Du lịch là một ngành công nghiệp khổng lồ, với rất nhiều việc làm. Nhưng sau đó, em muốn làm một cái gì đó có ý nghĩa hơn. Vì vậy, em đã trở thành một luật sư, bảo vệ những người mà em quan tâm. Và sau đó, em quyết định thỏa sức đam mê nghệ thuật của mình và bắt đầu thiết kế web. Anh biết gì không? Em tự hào nói rằng em chưa bao giờ sử dụng robot. Không có robot nào có thể là hướng dẫn viên du lịch cá nhân, thắng kiện tại tòa án hoặc tạo ra tác phẩm nghệ thuật tuyệt đẹp."

Thời gian sẽ trả lời, bạn tự nhủ.

"Và em đang lên kế hoạch cho một sự nghiệp thứ tư?" Bạn hỏi.

"Ồ, nếu có gì đó hay ho hơn." Cô mỉm cười.

"Karen," bạn nói, "nếu chúng ta ngừng lão hóa, thì làm sao em biết khi nào cần kết hôn, có con và tạo dựng một gia đình? Đồng hồ sinh học đã không còn tồn tại từ nhiều thập kỷ trước. Nên anh nghĩ, có lẽ đã đến lúc phải ổn định mà lập gia đình."

"Ý anh là có con?" Karen hơi ngạc nhiên. "Đó là điều mà em chưa xem xét nghiêm túc. Vâng, ít nhất là cho đến bây giờ. Tất cả đều phụ thuộc vào việc có tìm được người đàn ông phù hợp hay không," cô vừa nói vừa mỉm cười tinh nghịch với bạn.

Sau đó, bạn và Karen thảo luận về hôn nhân, và chọn tên cho con, cũng như những gen bạn muốn đứa trẻ có.

Bạn đi đến màn hình tường và nói: "Molly, cô có thể cho tôi danh sách các gen mới nhất đã được chính phủ phê duyệt không?" Khi bạn quét danh sách, bạn thấy các gen khác nhau cho màu tóc, màu mắt, chiều cao, vóc dáng và thậm chí một số đặc điểm tính cách. Danh sách này dường như tăng lên hàng năm. Bạn cũng thấy danh sách dài các bệnh di truyền có thể chữa khỏi. Bệnh xơ nang đã tồn tại trong gia đình của bạn trong nhiều thế kỷ, hiện bạn không còn phải lo lắng về điều đó nữa.

Quét danh sách các gen đã được phê duyệt, bạn cảm thấy bạn không những chỉ là cha mẹ tương lai, mà còn như một vị thần, tạo ra một đứa trẻ mang dấu ấn hình ảnh của bạn.

Sau đó Molly nói: "Có một chương trình có thể phân tích ADN của em bé và đưa ra một xấp xỉ gần đúng về khuôn mặt, hình dạng cơ thể và tính cách tương lai của nó. Anh có muốn tải xuống chương trình này và xem con mình trông như thế nào trong tương lai không? "

"Không!" Bạn nói. "Chúng ta nên giữ lại một vài bất ngờ."

MỘT NĂM SAU

Karen hiện đang mang thai, nhưng các bác sĩ trấn an rằng không có gì nguy hiểm khi đi thang máy không gian, hiện đang mở cửa cho khách du lịch.

"Em biết không," bạn thổ lộ với Karen, "hồi nhỏ, anh luôn luôn muốn đi ra ngoài không gian, làm những việc như phi hành gia. Nhưng một ngày nọ, anh nghĩ đến việc ngồi trên hàng triệu lít nhiên liệu tên

lửa dễ bay hơi có thể nổ tung chỉ với một tia lửa. Rồi đam mê du lịch vũ trụ của anh nguội dần. Nhưng thang máy không gian thì khác. Sạch sẽ, an toàn, không lộn xộn. Đó là cách đi đúng đắn."

Khi bạn và Karen vào trong thang máy, bạn sẽ thấy người vận hành đẩy cái gì đó giống nút Lên. Bạn nửa mong đợi để xem cửa hàng đồ lót. Thay vào đó, bạn cảm thấy mình bay vút vào không gian. Bạn cảm thấy gia tốc đang tăng lên vùn vụt. Đồng hồ đo trên thang máy đọc: "10 km, 20 km, 30 km..."

Bên ngoài, bạn thấy phong cảnh thay đổi, từng giây một. Trong chốc lát, bạn đang ngắm nhìn những đám mây bồng bềnh trôi ngang qua khi bạn bay vào bầu khí quyển. Sau đó, bầu trời thay đổi từ xanh sang tím rồi chuyển thành đen đậm và cuối cùng bạn thấy những ngôi sao lộng lẫy, huy hoàng quanh mình. Bạn bắt đầu nhận ra các chòm sao bạn chưa bao giờ thấy trước đây, rực lửa ở xa xa. Các ngôi sao không lấp lánh, như nhìn từ Trái đất, nhưng sáng rực rỡ, như thể đã tồn tại hàng tỷ năm.

Thang máy dần đến một điểm dừng khoảng 160 km từ bề mặt Trái đất. Từ không gian, bạn sẽ thấy một cảnh tượng ngoạn mục mà trước đó bạn chỉ được ngắm nhìn qua ảnh.

Bạn thấy Trái đất từ một góc nhìn hoàn toàn mới. Các đại dương, lục địa và ánh sáng của các siêu đô thị tỏa ra ngoài không gian.

Từ không gian, Trái đất dường như rất bình yên đến mức khó tin rằng con người đã từng đổ máu trên các biên giới. Các quốc gia này vẫn còn tồn tại, nhưng chúng dường như rất kỳ lạ, ít liên quan hơn ngày nay, trong một thời đại khi giao tiếp là tức thời và phổ biến.

Khi Karen ngả đầu vào vai, bạn nhận ra mình đang chứng kiến sự ra đời của một nền văn minh hành tinh mới. Và con bạn sẽ là một trong những công dân đầu tiên của nền văn minh mới này.

Và rồi bạn lấy ra một cuốn sách cũ, sờn góc từ túi sau, đọc cho cô ấy những lời của một người đã qua đời từ hơn 100 năm trước.

Nó nhắc nhở bạn về những thách thức mà nhân loại phải đối mặt trước khi đạt tới một nền văn minh hành tinh.

Mahatma Gandhi từng viết:

Nguồn gốc của Bạo lực:

Giàu có mà không lao động,

Niềm vui mà không có lương tâm,

Kiến thức thiếu bản sắc,

Kinh doanh không đạo đức,

Khoa học không nhân văn,

Tôn thờ mà không hy sinh,

Chính trị không có nguyên tắc.